

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Филиал КФУ в г. Чистополе**

**А.А. ЗАМАЙДИНОВ**

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**



**Конспект лекций**

**Казань-2013**

**Замайдинов А.А.**

**Безопасность жизнедеятельности: Краткий конспект лекций / А.А.**

**Замайдинов; Каз.федер.ун-т. – Казань, 2013. –96 с.**

В предлагаемых лекциях системно изложены основные положения развивающейся научной и учебной дисциплины, именуемой безопасностью жизнедеятельности (БЖД). Рассматриваются теоретические основы БЖД, принципы обеспечения безопасности, идентификация опасностей, окружающих и сопровождающих человека на протяжении всей жизни, меры защиты от них. Раскрываются особенности защитных действий в экстремальных и чрезвычайных ситуациях.

Принято на заседании кафедры водоснабжения и водоотведения

Протокол № 02 от 20.09.2013 г.

© Казанский федеральный университет

© Замайдинов А.А.

## Содержание

Тема 1. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности .....	6
1.1. Составляющие безопасности жизнедеятельности .....	6
1.2. Основные понятия и термины .....	7
1.3. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности. ....	8
Тема 2. Человек и техносфера.....	11
2.1. Понятие эрготической системы .....	11
2.2. Основные формы деятельности человека в эрготической системе.....	14
2.3. Физиологические и психологические нагрузки на человека в ЭС. ....	14
2.4. Опасные и вредные факторы.....	15
2.5. Антропометрические характеристики человека .....	17
2.6. Работоспособность человека и ее динамика .....	18
2.7. Надежность человека как элемента эрготической системы.....	20
2.8. Понятие риска. Управление риском .....	22
Тема 3. Воздействие негативных факторов на человека и защита от них.....	26
3.1. Производственное освещение .....	26
3.1.1. Основные светотехнические понятия и характеристики освещения.....	26
3.1.2. Виды и системы освещения .....	28
3.1.3. Нормирование производственного освещения. Основные требования к производственному освещению. ....	28
3.2. Обеспечение качества воздушной среды .....	31
3.2.1. Обеспечение чистоты воздуха .....	31
3.2.2. Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и населенных мест. ....	33
3.2.3. Микроклимат производственных помещений .....	34
3.2.4. Защита от избыточного тепла и теплового (инфракрасного) излучения.....	35
3.2.5. Вентиляция производственных помещений. ....	36
3.3. Производственный шум.....	38
3.3.1. Действие шума на организм человека.....	38
3.3.2. Частотный диапазон звука .....	39
3.3.3. Измерение производственного шума .....	41
3.3.4. Классификация шума.....	42
3.3.5. Нормирование производственного шума .....	42
3.3.6. Методы борьбы с шумом.....	43
3.3.7. Ультразвук. Нормирование и защита.....	45
3.3.8. Инфразвук. Нормирование и защита .....	46
3.3.9. Вибрация .....	47
3.4. Электромагнитное излучение.....	49
3.4.1. Источники и характеристики электромагнитных полей радиочастот. ....	49
3.4.2. Параметры электромагнитных излучений.....	50
3.4.3. Воздействие электромагнитных полей на организм человека .....	50
3.4.4. Нормирование электромагнитных излучений.....	52
3.4.5. Защита от электромагнитных излучений.....	53
3.5. Электробезопасность .....	54
3.5.1. Воздействие электрического тока на организм.....	54
3.5.2. Электрическое сопротивление тела человека .....	55
3.5.3. Виды электрических сетей. ....	56
3.5.4. Технические средства защиты в электроустановках .....	59
3.6. Ионизирующее излучение .....	62

3.6.1. Краткая характеристика различных видов ИИ .....	63
3.6.2. Единицы активности и дозы ионизирующих излучений .....	64
3.6.3. Биологическое действие ионизирующих излучений .....	66
3.6.4. Источники ионизирующих излучений .....	68
3.6.5. Нормирование ионизирующих излучений. ....	69
3.6.6. Защита от ионизирующих излучений .....	71
3.6.7. Радиационный контроль .....	72
Тема 4. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях .....	75
4.1. Общие сведения о чрезвычайных ситуациях.....	75
4.2. Классификация чрезвычайных ситуаций .....	76
4.3. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита населения от их последствий .....	82
4.3.1. Природные катастрофы .....	83
4.3.2. Природные источники загрязнения среды обитания.....	84
4.4. Чрезвычайные ситуации техногенного характера и защита населения от их последствий .....	86
4.4.1. Техногенные катастрофы .....	87
4.4.2. Причины и источники техногенных аварий и катастроф .....	91

## Тема 1. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности

**Аннотация.** Данная тема рассматривает теоретические основы безопасности жизнедеятельности, основные понятия и термины.

**Ключевые слова.** Безопасность жизнедеятельности, эргономика, инженерная психология, опасность, безопасность, риск, ноосфера, гомосфера, эргатическая система, рабочая зона, опасные и вредные факторы.

### 1.1. Составляющие безопасности жизнедеятельности

БЖД это раздел науки о безопасности жизнедеятельности, изучающий опасные и вредные производственные факторы, уровни техногенного воздействия на человека в процессе труда и разрабатывающий методы и средства повышения безопасности технических систем и технологических процессов, основные направления снижения риска и последствий проявления опасных и вредных производственных факторов.

**Цель курса “БЖД”** - сформировать научные знания:

- об опасных и вредных факторах и процессах, порождающих опасности оборудования, трудовых и производственных процессов;
- о современных методах выявления и прогнозирования опасностей;
- о принципах, методах и средствах обеспечения БЖД на стадии проектирования и эксплуатации техники и технологических процессов;
- о законодательных и нормативно-технических актах по охране труда.

**Составляющие БЖД.** В значительной мере дисциплина БЖД перекликается с дисциплиной Охрана труда. Собственно *охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда (ГОСТ 12.0.002-80).*

Дисциплина “БЖД” опирается на:

- естественно-научные дисциплины - математику, в частности, теорию вероятностей, математическую статистику, алгебры Буля, информатику, физику, химию;
- общепрофессиональные дисциплины - техническую механику, технологию машиностроения, материаловедение, теории управления и надежности.
- медицинские науки: анатомию, физиологию и гигиену труда;
- науки о человеческом факторе - эргономику, инженерную психологию ;

**Эргономика** — научная дисциплина, комплексно изучающая закономерности взаимодействия человека с техническими средствами, предметом деятельности и средой, практическими задачами которой является повышение эффективности деятельности при сохранении здоровья и всестороннем развитии личности. Эргономика изучает человека в условиях современного производства.

**Инженерная психология**, как отрасль психологии изучает объективные закономерности взаимодействия человека и техники с целью использования их для проектирования и

эксплуатации сложных систем «человек-машина». В этом смысле ее можно считать одним из разделов эргономики. Инженерная психология занимается, в основном, изучением деятельности человека-оператора.

## 1.2. Основные понятия и термины

**Опасность** – это явления, процессы, объекты, свойства предметов, способные в определенных случаях наносить ущерб здоровью человека или окружающей среде.

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, не соответствующие условиям жизнедеятельности человека. Говорят также, что такие системы обладают так называемым *остаточным риском*, т.е. способностью к потере устойчивости или длительному отрицательному воздействию на человека, окружающую среду.

Объективной основой опасности является неоднородность системы «человек - среда обитания».

Опасности носят потенциальный характер. Актуализация, или реализация опасностей происходит при определенных условиях, именуемых причинами. Для живых организмов опасность реализуется в виде травмы, заболевания, смерти.

Признаками, определяющими опасность, могут быть:

- угроза для жизни;
- возможность нанесения ущерба здоровью;
- нарушение условий нормального функционирования органов и систем человека.
- нарушение условий нормального функционирования экологических систем

Количество признаков, характеризующих опасность, может быть увеличено или уменьшено в зависимости от целей анализа.

Источниками формирования опасностей в конкретной деятельности могут быть:

- **сам человек** как сложная система «организм - личность», в которой неблагоприятная для здоровья человека наследственность, физиологические ограничения возможностей организма, психологические расстройства и антропометрические показатели человека могут быть непригодны для реализации конкретной деятельности;

- **элементы среды обитания**, которыми для любой деятельности являются: предметы, средства и продукты труда, используемая энергия, климатические условия жизни или микроклиматические условия труда (температуры, влажность и скорость движения воздуха), животный и растительный мир, коллектив людей, отдельный человек;

- **процессы взаимодействия** человека и среды обитания.

Потенциальный характер опасностей проявляется также и в том, что для человека опасность может реализоваться только в тех случаях, когда зона воздействия опасностей пересечется с зоной деятельности (нахождения) человека. Например, человек попадает в зону действия электрического тока, шума, вибраций, криминальных структур, движения транспорта и т.д.

**Ноксосфера** (<лат. пох: опасность) - область, зона, в которой проявляются опасности;

**Гомосфера** (<лат. homo: человек) - область, зона, в которой пребывает человек.

Как было сказано выше, опасность реализуется при наличии определенных причин, движущих сил, именуемыми **факторами** опасности.

**Безопасность** - это состояние защищенности человека, общества, окружающей среды от опасностей различного происхождения. При этом имеется в виду, что обеспечиваются условия, при которых исключается появление опасностей или превышение научно обоснованных допустимых уровней опасных факторов. В более узком значении понятие безопасность трактуется как состояние деятельности, при котором с определенной вероятностью исключается возможность реализации потенциальных опасностей, т.е. причинение вреда (ущерба здоровью человека). Если же говорить о безопасности системы «Человек-машина-среда», то надо иметь в виду, что ее параметры не являются неизменными и могут приводить систему как в безопасное, так и в опасное состояние. В этом случае уместно говорить о безопасности как о **свойстве** системы. Таким образом, можно дать следующее определение:

*Безопасность - это свойство систем «Человек-машина-среда» сохранять при функционировании в определенных условиях такое состояние, при котором с заданной вероятностью исключаются происшествия, обусловленные воздействием опасности на незащищенные компоненты систем и окружающую природную среду, а ущерб от неизбежных при этом непрерывных энергетических и материальных выбросов не превышает допустимого.*

### **1.3. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности.**

**Принципы безопасности жизнедеятельности** – это основные направления деятельности, элементарные составляющие процесса обеспечения безопасности.

Теоретическое и познавательное значение принципов состоит в том, что с их помощью определяется уровень знаний об опасностях окружающего мира и, следовательно, формируются требования по проведению защитных мероприятий и методы их расчета. Принципы БЖД позволяют находить оптимальные решения защиты от опасностей на основе сравнительного анализа конкурирующих вариантов. Они отражают многообразие путей и методов обеспечения безопасности в системе «Человек-среда обитания», включающее как чисто организационные мероприятия, конкретные технические решения, так и обеспечение адекватного управления, гарантирующего устойчивость системы, а также некоторые методологические положения, обозначающие направление поиска решений. Принципы БЖД могут быть применены в различных сферах: технике, медицине, организации труда и отдыха. По сфере реализации, т.е. в зависимости от того *где* они применяются принципы БЖД могут быть подразделены на инженерно-технические, методические, медико-биологические.

По признаку реализации, т.е. по тому **как, каким образом** они осуществляются принципы БЖД подразделяются на следующие группы:

- **ориентирующие**, т.е. дающие общее направление поисков решений в области безопасности; к ориентирующим принципам относятся, в частности, принцип системного подхода, профессионального отбора, принцип нормирования негативных воздействий и т.п.

- **управленческие**; к ним относятся принцип контроля, принцип стимулирования деятельности, направленной на повышение безопасности, принципы ответственности, обратных связей и др.

- **организационные**; среди этих принципов можно назвать так называемую *защиту временем*, когда регламентируется время, в течение которого допускается воздействие на человека негативных факторов, принцип рациональной организации труда, рациональных режимов работы, организация санитарно-защитных зон и др.

- **технические**; эта группа принципов подразумевает использование конкретных технических решений для повышения безопасности.

На последней группе принципов следует остановиться как на особенно многочисленной и разнообразной. К техническим принципам относятся такие как:

*защита количеством* (снижение количественных характеристик негативных воздействий, например, интенсивности шума), или так называемое *снижение негативного фактора в источнике* за счет проектирования более совершенных, экологичных технических устройств (автомобильные двигатели с низким содержанием вредных веществ в выхлопных газах, мониторы компьютеров, обладающие незначительными уровнями электромагнитного излучения в окружающую среду и т.п.);

*защита расстоянием*, использующая тот факт, что интенсивность ряда негативных воздействий убывает с расстоянием;

*защита с помощью ограждений*;

*экранирование*;

*блокировка*;

*герметизация*;

*принцип слабого звена* (применение предохранителей, например, плавких предохранителей в электрической цепи, размыкающих цепь при возникновении аварийного режима, предохранительных клапанов, мембран, которые в опасной ситуации сбрасывают избыточное давление и т.п.).

В дальнейшем вы увидите как те или иные принципы реализуются при защите от конкретных опасностей.

Принципы обеспечения безопасности необходимо рассматривать во взаимосвязи, т. е. как элементы, дополняющие друг друга.

Некоторые принципы относятся к нескольким классам одновременно. Принципы обеспечения БЖД образуют систему, и в тоже время каждый принцип обладает относительной самостоятельностью.

### **Методы обеспечения БЖД.**

Как известно, метод - это способ достижения цели. Здесь целью является обеспечение безопасности. Методы БЖД основаны на применении вышеперечисленных принципов. Пользуясь методами обеспечения БЖД мы можем согласовать взаимодействие характеристик человека с окружающей средой (будь то система "человек - производственная среда", "человек - бытовая среда" или "человек - природная среда"), т.е. достичь определенного уровня безопасности.

Принято выделить четыре метода БЖД:

**А-метод:** пространственное или временное разделение гомосферы и ноксосферы (дистанционное управление, механизация, автоматизация)

**Б-метод:** нормализация ноксосферы, т.е. совершенствование среды, чаще



производственной, приведение характеристик ноксосферы в соответствие с характеристиками человека. Б-метод реализуется в создании безопасной техники.

**В-метод:** используется тогда, когда А- и Б-методы не дают желаемого результат и требуемого уровня безопасности. Он подразумевает адаптацию человека к ноксосфере (обучение, тренировка, профессиональный отбор).

**Г- метод:** сочетает в себе вышеупомянутые методы и используется чаще всего.

### **Средства обеспечения БЖД.**

Прежде всего, это конкретные средства защиты человека от различных опасностей. Средства защиты работающих в соответствии с ГОСТ 12.4.011-80 подразделяющиеся по характеру их применения на *средств коллективной защиты (СКЗ)* и *средства индивидуальной защиты (СИЗ)*.

СКЗ классифицируется в зависимости опасных и вредных факторов (СКЗ от шума, вибрации и т.п.)

СИЗ классифицируется в основном в зависимости от защищаемых видов органов (СИЗ органов дыхания, рук, головы, лица, глаз, слуха и т.д.)

По техническому исполнению СКЗ могут быть разделены по следующим группам:

- ограждения;
- блокировочные устройства;
- тормозные устройства;
- предохранительные устройства;
- световая и звуковая сигнализация;
- приборы безопасности;
- знаки безопасности;
- устройства автоматического контроля;
- устройства дистанционного управления;
- заземление, зануление;
- вентиляция, отопление, кондиционирование.

К СИЗ относятся скафандры, противогазы, респираторы, шлемы (пневмошлемы, противозумовые), маски, рукавицы из специальных материалов, защитные очки, предохранительные пояса.

Средства безопасности должны обеспечивать нормальные условия для деятельности человека. Это требование должно быть в первую очередь учтено при создании СИЗ, поскольку многие СИЗ создают существенные неудобства и зачастую резко снижают работоспособность человека. Именно из-за этого от СИЗ часто отказываются в ущерб безопасности, а ведь они должны применяться в тех случаях, когда безопасность не достигается с помощью других средств (организационных, технических и др. решений применения СКЗ). Поэтому СИЗ обязательно должны оцениваться по защитным и функциональным показателям.

К средствам БЖД следует также отнести так называемые приспособления для организации безопасности (например: лестницы, трапы, леса, подмости, люльки и т.п.).

## Тема 2. Человек и техносфера

**Аннотация.** Предусматривает изучение эрготической системы. Рассматривается физиология труда и комфортные условия жизнедеятельности

**Ключевые слова.** *Эрготическая система, физический труд, умственный труд, опасные и вредные факторы, производственная среда, рабочая зона, рабочее место условия труда, опасная зона, опасная ситуация*

### 2.1. Понятие эрготической системы

В соответствии с системной концепцией восприятия и изучения окружающего нас мира он весь состоит из совокупности взаимосвязанных объектов - систем, т.е. множеств закономерно связанных друг с другом элементов, представляющее собой определенное целостное образование. Неотъемлемые свойства системы - это, во-первых, наличие новых свойств, которые порождены совокупностью входящих в нее элементов и не присущи этим элементам в отдельности, и, во-вторых, способность, вследствие этого, к выполнению некоторых функций, действий или движений.

Системы, связанные с деятельностью человека, мы называем искусственными. В данном случае нас интересует система, которую человек создает в самом процессе труда для получения общественно-необходимого продукта. Такая система называется **эрготической системой** (ЭС) (от греч. "эргон" - работа). В зависимости от характера продукта труда они могут быть производственными, информационными, транспортными и т.п. Если говорить о современном производстве, то здесь встречается и такой термин: "полиэрготическая", то есть современное производство, включая в себя различные ЭС, является полиэрготическим. Существенным обстоятельством является то, что современная эрготическая система - это *человеко-машинная система*. Для проектирования таких систем необходим учет человеческого фактора, то есть выделения аспектов, связанных с присутствием человека. Наука, комплексно изучающая человека в конкретных условиях его деятельности в условиях современного производства, как уже говорилось, называется **эргономикой**. Как наука и как метод исследования она изучает условия выполнения работы оператором. Ее целью является оптимизация орудий, условий и процесса труда, повышение безопасности и экологичности производства. Наибольшее развитие она получила в таких передовых в техническом отношении странах как США, ФРГ, Великобритания, Япония, Франция и др.

Важнейшими задачами эргономики, то есть задачами, возникающими при рассмотрении ЭС "Человек-машина" являются оптимальное распределение функций между человеком и машиной и исследование рабочих нагрузок на человека. Схематичное представление современной эрготической системы показано на рисунке 1.

#### **Уровни организации эрготических систем.**

Уровни организации системы "человек-машина" могут быть различны. Возможны и различные схемы классификации уровней организации. Рассмотрим классификацию эрготических систем по вкладу машин и людей в систему.

*Первый уровень (нижний):* здесь человек обеспечивает как энергетическую, так и управляющую функции системы. Классический пример - человек с лопатой.

*Второй уровень:* человек осуществляет управляющую функцию, а энергетическая функция поручается машине. Один из примеров этого уровня организации системы -

человек, управляющий прессом. Это - уровень механизации.

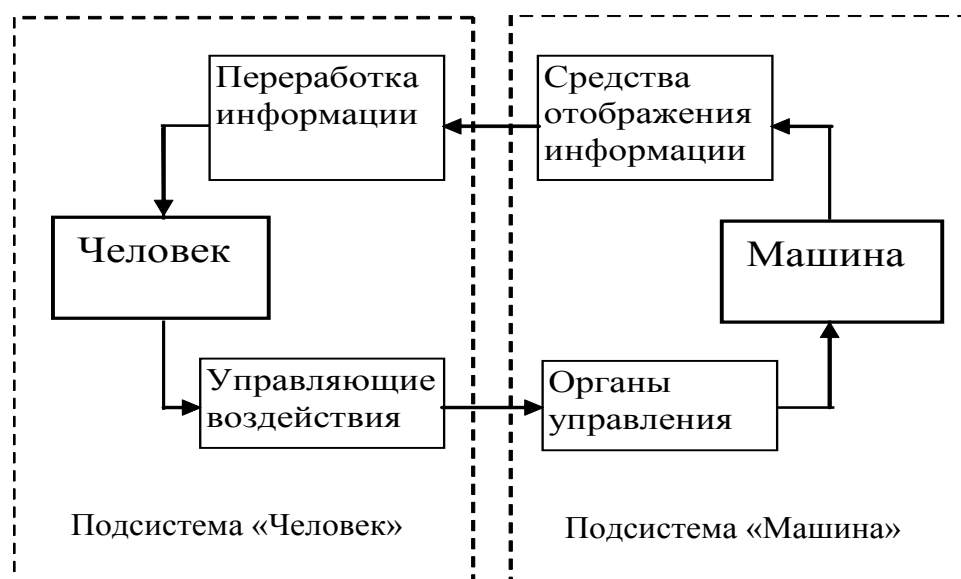


Рис. 1

*Третий уровень:* машина обеспечивает энергетическую и информационную функции, а человек - управляющую. Сюда входит любое производство, на котором люди пользуются средствами отображения и органами управления.

*Четвертый,* высший уровень организации системы - это машина, обеспечивающая энергетическую, информационную и управляющую функции, тогда как человек только контролирует ее работу. Пример этого уровня - автоматизированные линии, управляемые компьютерами.

Современные человеко-машинные системы состоят из аппаратных средств, программного обеспечения и персонала. Эти компоненты действуют совместно для выполнения некоторой функции или достижения цели. Выполнение задания зависит от большого числа переменных, характеризующих функции системы.

Системные функции могут осуществляться как персоналом, так и аппаратно-программными компонентами системы, а часто - и тем и другим вместе. Требования к исполнению оператором функций зависят от степени автоматизации системы.

На низком уровне автоматизации - уровне механизации - оператор непосредственно управляет оборудованием и контролирует параметры и результаты его работы с помощью предъявляемой сенсорной информации, непосредственного восприятия или сочетания того и другого. В индивидуальном производстве работа станочника достаточно многообразна, двигательные функции играют вспомогательную роль, основное - четкое программирование своей деятельности.

В мелкосерийном производстве - возрастают монотонность, повышается скорость работы вследствие повторяемости операций. В крупносерийном - двигательная функция упрощается и начинает преобладать фактор монотонности. Программирующая (умственная) деятельность сводится к минимуму.

В полуавтоматическом производстве человек выключается из процесса собственно обработки детали или изделия. Деятельность его заключается в выполнении простых операций по обслуживанию станка: включить двигатель, вставить деталь, вынуть готовую деталь. Этот труд не требует высокой квалификации, он бессодержателен и монотонен.

При повышении уровня автоматизации машинный элемент системы во все

большей степени управляет работой системы (например, поддерживает режимные параметры на должном уровне без вмешательства человека). На более высоком уровне он поддерживает адекватное соотношение между параметрами, а на еще более высоком - изменяет саму схему управления с целью оптимизации соотношений между параметрами в зависимости от условий и режима работы.

С повышением уровня автоматизации характер деятельности оператора становится все в большей степени контролирующим по своей природе. Человек в эрготической системе проверяет, наблюдает, оценивает выполнение системных функций аппаратными и программными средствами, регулирует и координирует их работу как того требуют производительность и безопасность системы.

Человеческий компонент в ЭС, таким образом, несет конечную ответственность за распознавание, интерпретацию, устранение или компенсацию недостатков, ошибок и неисправностей в работе оборудования. Поэтому в сообщениях об отказах систем часто встречаются термины "человеческая ошибка", или "экспертная ошибка". Здесь мы уже оказываемся в области, граничащей с более общими, философскими проблемами. Так, разумный подход к человеку как контролирующему звену системы заключается в том, чтобы обеспечить достаточно хорошую работу системы в течение длительного времени без вмешательства человека, так как обычно высокоорганизованная система работает лучше без его участия. Например, в аварии на АЭС "Тримайл-Айленд" в США в момент возникновения аварийной ситуации автоматические системы безопасности сработали, как и было предусмотрено, и включили аварийные насосы. Операторы же допустили ошибку и вручную отключили насосы. Цепь человеческих ошибок, наложенных на несовершенство технических систем, привела к Чернобыльской катастрофе.

В этой связи при проектировании систем "человек-машина" высокого уровня существуют два противоположных подхода.

Первый состоит в том, чтобы полностью исключить человека из системы. Если это невозможно, (например, при наличии требований закона о присутствии человека на АЭС), то роль человека должна быть минимальной. Этот подход уменьшает возможность человеческой ошибки и, тем самым повышает надежность системы. Кроме этого, замена людей машинами может понизить эксплуатационные расходы.

Другой подход, наоборот, состоит в максимально возможном включении человека-оператора в систему даже ценой введения каких-либо дополнительных, кажущихся ненужными операций. Это может быть, например, считывание характеристик системы с экрана дисплея. Делается это для того, чтобы поддержать человека в рабочем состоянии, чтобы, в случае отказа машинной части системы, оператор мог быстро вмешаться и предотвратить неблагоприятные последствия.

Таким образом, первый подход (минимальное вмешательство человека) предполагает, что человек-оператор так или иначе не будет способен решить проблему. Второй же подход делает ставку на то, что человек умен, способен к адаптации и часто может разрешить непредвиденные проблемы. Человек здесь, таким образом, рассматривается как *эрготический резерв* системы.

Однозначно выбрать тот или иной подход, очевидно, невозможно. По-видимому, лучше минимизировать включение человека в систему, когда его вклад невелик. Действительно, если человек сознает, что в работе, которую он выполняет, нет необходимости, она становится неприятной ему, создает напряжение, вызывает утомление и стресс. Поэтому важнейшая задача при проектировании и создании ЭС - это обеспечение людей осмысленной, достойной человека работой.

## 2.2. Основные формы деятельности человека в эрготической системе

Деятельность человека в эрготических системах можно разделить на три основные работы по характеру выполняемых человеком функций:

физический труд,  
механизированные формы физического труда,  
умственный труд.

**Физическим трудом** называют выполнение человеком энергетических функций в системе «человек-орудие труда». Тяжесть работы при этом определяется энергетическими затратами в процессе трудовой деятельности. Физический труд подразделяется на следующие категории:

легкие (1а – затраты менее 139 Вт, 1б – от 140 до 175 Вт),  
средней тяжести (IIа – 175-232 Вт, IIб – 233-290 Вт),  
тяжелые (свыше 290 Вт).

**Механизированные формы физического труда** – это деятельность человека-оператора машины. Деятельность эта может быть двух видов:

детерминированная – по заранее известным правилам, алгоритмам действий,  
недетерминированная – когда возможны неожиданные события в выполняемом технологическом процессе, но в то же время известны управляющие действия при появлении неожиданных событий.

**Умственный труд** (интеллектуальная деятельность). Этот труд объединяет работы, связанные с приемом, переработкой и передачей информации и требующие напряжения внимания, памяти, сенсорного аппарата, активации процессов мышления, эмоциональной сферы (некоторые виды операторского труда, управление, преподавание, наука, учеба, творчество).

## 2.3. Физиологические и психологические нагрузки на человека в ЭС.

Вопрос о рабочей нагрузке на человека в эрготической системе весьма важен и сложен. Неумение анализировать возможности человека приводит к таким последствиям как:

- низкая производительность труда;
- плохое качество производимой продукции или выполняемой работы;
- ошибки и несчастные случаи;
- аварии и катастрофы.

Изучением человека в ЭС, то есть с позиций его связи с рабочим местом, технологическим процессом и инструментом, с целью согласования условий производства с потребностями работника и адаптации его к интенсивной рабочей нагрузке, условиям труда и трудовому процессу занимаются специальные науки – физиология и психология труда. Здесь в системе "человек-работа" подсистема "человек" характеризуется конкретной квалификацией и степенью рабочей нагрузки, а подсистема "работа" – уровнем рационализации, механизации и автоматизации труда.

В оптимизированной системе рабочая нагрузка должна соответствовать реальным возможностям человека, его работоспособности, то есть быть адекватной. Работоспособность человека зависит, в свою очередь, от трех основных и равнозначных

факторов:

- от приспособленности физиологических функций к трудовой деятельности; эта приспособленность может значительно повышаться за счет тренировки;
- от эмоционального состояния человека;
- от состояния условий труда.

Пределом работоспособности является общее утомление организма, в основе которого лежат тормозные процессы в ЦНС и ее высшей отделе - коре головного мозга. Само по себе утомление - это реакция организма, сигнализирующая о перегрузке, и, тем самым, защищающая от нее организм. Утомление - процесс обратимый.

Есть и такое понятие - социально приемлемый уровень рабочей нагрузки, то есть допустимый, приемлемый для данного общества в данный момент времени. Этот уровень постоянно меняется.

Можно ли рабочую нагрузку человека измерить в строго физических единицах? Если говорить о физической нагрузке, то, очевидно, можно.

Можно выделить следующие физиологические рабочие нагрузки:

- 1) тяжелая динамическая мышечная работа;
- 2) динамическая мышечная работа, выполняемая конечностями одной половины тела (работа малых групп мышц).
- 3) статическая мышечная работа;
- 4) умственная работа (напряжение функции сосредоточения и внимания).
- 5) однообразная работа в монотонной обстановке.
- 6) влияние атмосферных условий (температура и влажность воздуха, вентиляция, инфракрасное излучение, характер одежды, степень акклиматизации организма).
- 7) напряжение организма, обусловленное другими факторами окружающей среды (например, физическими - шум, блики, плохое освещение, вибрация и социологическими - межличностные отношения или факторы, личностные и групповые проблемы).

Превышение уровней рабочих нагрузок приводит к негативным последствиям: снижению работоспособности, профессиональным заболеваниям, травматизму. В связи с этим существует понятие опасных и вредных факторов.

## 2.4. Опасные и вредные факторы

**Опасные и вредные факторы.** Одна из составляющих безопасности жизнедеятельности - охрана труда использует понятия опасных и вредных факторов. Система стандартов БЖД (ССБТ) дает следующие определения.

**Опасным** называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому резкому ухудшению здоровья.

**Вредным** называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности (ГОСТ 12.0.002-80).

Опасные и вредные факторы в зависимости от **характера воздействия** подразделяются на

- активные - проявляющиеся благодаря заключенной в них энергии (ионизирующие излучения, вибрация и т.п.);

- активно - пассивные - проявляющиеся благодаря энергии, заключенной в самом человеке (примером могут служить опасности скользких поверхностей, работы на высоте, острых углов и плохо обработанных поверхностей оборудования и т.п.).

- пассивные - проявляющиеся опосредствованно, как например, усталостное разрушение материалов, образование накипи в сосудах и трубах, коррозия и т.п.

Активные факторы могут, таким образом быть классифицированы по виду связанной с ними энергии. Такую классификацию дает ГОСТ 12.0.003-74. В соответствии с ним опасные и вредные факторы подразделяются на четыре группы:

- физические (движущие машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, разрушающиеся конструкции; повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов, шум, электромагнитные излучения промышленных и радиочастот, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, лазерное излучение, ионизирующие излучения, повышенные или пониженные температура, влажность воздуха, повышенная скорость движения воздуха, электрический ток, статическое электричество и т.п.)

- химические (химические вещества, присутствующие в воздухе, воде, почве, продуктах питания);

- биологические (болезнетворные микроорганизмы, вирусы, грибы);

- психофизиологические (стресс, монотония, утомление, сонливость, алкогольное опьянение и т.п.);

**Принцип нормирования.** В охране труда как и в безопасности жизнедеятельности в целом действует принцип нормирования опасных и вредных факторов, т.е. установление некоторых предельно допустимых значений уровней интенсивности опасных и вредных факторов, которые не должны превышать (уровень звука, напряженности электрических и магнитных полей и т.п.), или же установление диапазонов, за которые не должны выходить некоторые параметры окружающей среды (температура в помещении, освещение и т.п.)

Важными понятиями эрготических систем являются производственная среда, рабочая зона, рабочее место, опасная зона, опасная ситуация.

**Производственная среда** – пространство, в котором осуществляется трудовая деятельность человека. Там же формируются опасные и вредные производственные факторы.

**Рабочая зона** – пространство над рабочей площадкой, ограниченное высотой 2 м, в котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

**Рабочее место** – часть рабочей зоны; оно представляет собой место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

**Условия труда** – сочетание различных факторов, формируемых элементами производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека.

**Опасная зона** – пространство, в котором проявляется действие опасных и вредных факторов.

**Опасная ситуация (ОС)** возникает тогда, когда происходит совмещение опасной зоны и пространство, в котором находится человек (совмещение ноксосферы и гомосферы).

## 2.5. Антропометрические характеристики человека

Антропометрические характеристики определяются размерами тела человека и его отдельных частей и используются для проектирования наиболее рациональных условий труда. Они позволяют рассчитывать пространственную организацию рабочего места, устанавливать зоны досягаемости и видимости, конструктивные параметры рабочего места и т.п., обеспечивая тем самым и безопасные условия труда.

Антропометрические характеристики (АХ) подразделяют на статические и динамические. К статическим характеристикам относятся статические размеры отдельных частей тела, размер головы, размеры кисти, стопы. К динамическим характеристикам относятся углы вращения в суставах, зона досягаемости (моторная зона), приросты или эффект движения тела (изменение одного и того же размера при перемещении тела в пространстве). Статические характеристики могут быть линейными, т.е. измеряться в линейных единицах и дуговыми, т.е. измеряться в углах. В зависимости от ориентации тела в пространстве линейные размеры делятся на продольные (высота различных точек над полом или сиденьем), поперечные (ширина плеч, таза и т.п.), переднезадние (передняя досягаемость руки и т.п.).

Минимальные и максимальные значения антропометрических характеристик используются с учетом выполняемой работы. В случаях, когда оператор должен до чего-то дотягиваться, выбирают минимальные значения, а при определении размеров сиденья, высоты ниши для ног – максимальные. Использование антропометрических характеристик тесно связано с понятием рабочей позы.

**Рабочая поза «стоя».** Эта поза требует больших энергетических затрат, чем при работе сидя и менее устойчива из-за поднятого центра тяжести. Для этой позы характерно более быстрое утомление.

**Рабочая поза «сидя».** Эта поза является менее утомительной, так как резко уменьшается высота центра тяжести над точкой опоры, благодаря чему возрастает устойчивость тела. Кроме того, резко сокращаются энергетические затраты.

Надо учитывать, что всякая поза, проекция центра тяжести которой выходит за площадь опоры, будет требовать для поддержания устойчивости значительных мышечных усилий, т.е. *статические напряжения*. Длительные статические напряжения мышц могут вызвать быстрое утомление, снижение работоспособности, профзаболевания (искривление позвоночника, расширение вен, плоскостопия).

Влияние позы на рабочую нагрузку человека в эрготической системе можно иллюстрировать с помощью коэффициентов. Так, если при прямой позе «сидя» мышечную работу принять равной единице, то при прямой позе «стоя» мышечная работа составит 1,6, при наклонной позе «сидя» – 4, при наклонной позе «стоя» – 10.

Пространство рабочего места, в котором осуществляется трудовой процесс, может быть разделено на рабочие зоны. Правильное проектирование рабочих зон определяется соответствием их с оптимальным полем зрения рабочего и определяется дугами, которые может описать рука, поворачивающаяся в плече или локте на уровне рабочей поверхности (т.е. с учетом динамических АХ), а движением рук управляет мозг человека в соответствии со зрительной информацией. Поэтому рабочую зону, удобную для действия обеих рук следует совмещать с зоной, охватываемой зрением (см. рис. 2).



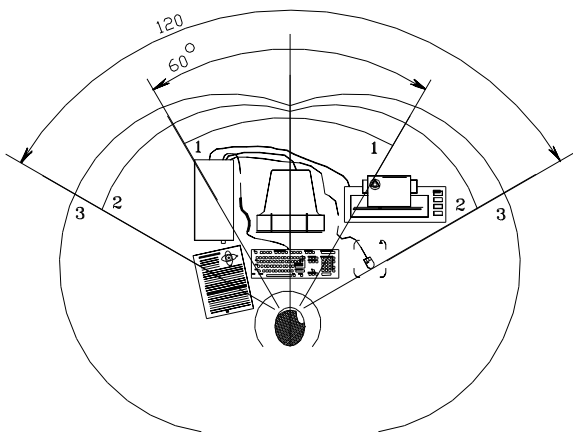


Рис. 2 – Зона видимости

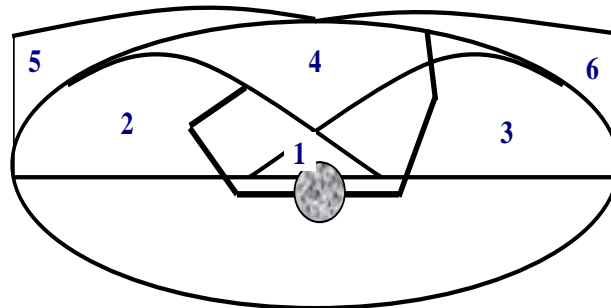


Рис. 3 – Структурная схема рабочих зон

Рассмотрим рабочие зоны на рис. 3.

**Зона 1** – самая благоприятная, применима для точных и мелких сборочных работ (хорошо работают обе руки и осуществляется зрительный контроль).

**Зоны 2 и 3** хорошо доступны для одной и мало доступны для другой руки; зрительный контроль осложнен. В этих зонах удобно размещать инструменты и материалы, которые рабочий берет правой или левой рукой или органы управления, за которыми не требуется постоянный зрительный контроль.

**Зона 4** – запасная, труднодоступная зона; в ней могут быть размещены инструменты и материалы, которые не поместились в зонах 1 и 2.

**Зона 5 (зона 6)** доступна только для правой (левой) руки. В ней можно разместить инструменты и материалы, которые употребляются изредка или органы управления, которыми пользуются «не глядя».

В соответствии с рабочими зонами и антропометрическими данными проектируются рабочие места в любом производственном процессе и любые машины и механизмы, обслуживаемые человеком.

Органы управления могут быть ручные и ножные. Ручное управление предпочтительнее, причем выгоднее использовать регуляторы, которые приводятся в движение рукой к себе или от себя.

В процессе управления человек должен обязательно прилагать умеренные усилия, так как их отсутствие дезориентирует человека, лишает его уверенности в правильности своих действий, а излишние усилия приводят к его перегрузке.

## 2.6. Работоспособность человека и ее динамика

**Работоспособность проявляется в поддержании заданного уровня деятельности в течение определенного времени** и определяется двумя группами факторов – внешними и внутренними.

**Внешние факторы** – это информационная структура сигналов, т.е. количество и форма представления информации, характеристика рабочей среды (удобство рабочего места, температура, освещенность, наличие вредных факторов и т.п.), взаимоотношения

в коллективе.

*Внутренние факторы* – уровень подготовки, тренированность, выносливость, эмоциональная устойчивость.

Предел работоспособности для любого человека не является постоянной величиной. Изменение предела работоспособности во времени называется динамикой работоспособности.

Различают следующие фазы трудовой деятельности по уровню работоспособности (см. рис.4).

**I. Предрабочее состояние** (фаза *мобилизации*) субъективно выражается в обдумывании предстоящей работы (т.н. идеомоторный акт).

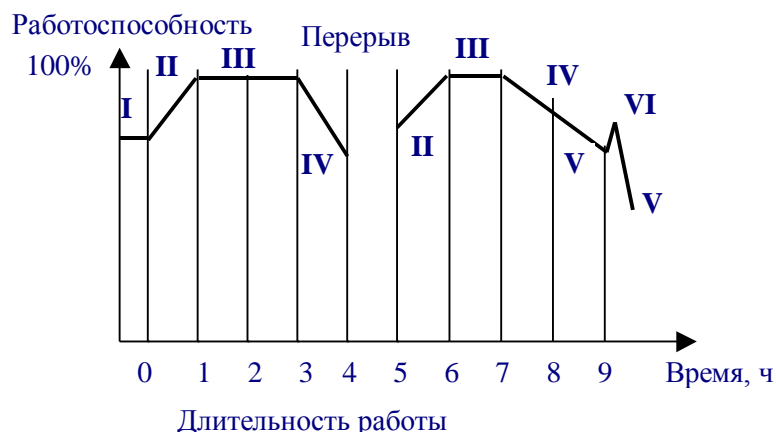


Рис. 4 – Фазы работоспособности человека

**II. Врбатываемость**, или стадия нарастающей работоспособности, или фаза *гиперкомпенсации*. Преодолевается инерция, налаживается координация между участвующими в деятельности системами организма. Длительность периода вработываемости может быть значительной. Например, утром после сна все характеристики сенсомоторных реакций значительно ниже, чем днем. Естественно, что и производительность труда в эти часы ниже. Здесь сказываются также и тренированность, тип нервной деятельности, возраст, опыт, интенсивность работы.

**III. Период устойчивой работы** (*фаза компенсации*). В этот период устанавливается оптимальный режим работы систем организма. Длительность его относительно всего времени работы – примерно 2/3. Предел устойчивой работоспособности является важнейшим показателем выносливости человека при заданном уровне интенсивности работы.

**Выносливость**, в свою очередь, определяется следующими факторами:

- 1) интенсивностью работы;
- 2) спецификой работы (при динамической работе, например, утомление наступает гораздо позже, чем при статической, при напряженной зрительной работе утомление наступает раньше);
- 3) возрастом;
- 4) полом; при нагрузке, равной половине максимальных возможностей, выносливость мужчин и женщин одинакова, при больших нагрузках выносливее

мужчины;

5) концентрацией внимания и волевым напряжением (при работе, связанной с волевым, умственным напряжением, концентрацией внимания, при высокой интенсивности работы показатели выносливости снижаются);

6) эмоциональным состоянием (положительные эмоции удлиняют период устойчивой работоспособности, отрицательные – наоборот);

7) умением, навыками, тренированностью;

8) типом высшей нервной деятельности, определяющимся силой и подвижностью нервных процессов (сангвиник, флегматик, холерик, меланхолик). Сила нервной системы характеризует работоспособность и надежность работы оператора, особенно в экстремальных ситуациях.

**IV. Период утомления (фаза декомпенсации).** Снижается продуктивность, замедляется скорость реакции, появляются ошибочные и несвоевременные действия, физиологическая усталость. Утомление может быть мышечным (физическим), умственным (психическим). Утомление – это временное снижение работоспособности из-за истощения энергетических ресурсов организма.

**V. Период возрастания продуктивности** за счет эмоционально-волевого напряжения.

**VI. Период прогрессивного снижения работоспособности и эмоционально-волевого напряжения.**

**VII. Период восстановления.** Может длиться от 5 мин (легкая физическая работа) до нескольких дней.

На основании кривых работоспособности устанавливается норма времени на отдых в зависимости от характера и продолжительности работы в течение рабочего дня.

**Суточные колебания.** Работоспособность изменяется также и в течение суток. Здесь можно выделить три интервала, в которых чередуется возрастание/снижение работоспособности:

**1-й интервал:** 6 – 10 (12) ч. – работоспособность повышается;

10 (12) – 15 ч. – работоспособность постепенно снижается;

**2-й интервал:** 15 – 18 ч. – работоспособность повышается;

18 – 22 ч. – уменьшается;

**3-й интервал:** 22 – 3 ч. – работоспособность существенно снижается;

3 – 6 ч. – начинает возрастать, оставаясь ниже среднего уровня.

**Недельные колебания.** Работоспособность обычно меняется также и по дням недели:

Понедельник – вработывание, вторник-четверг – высокая работоспособность, пятница, суббота – развивающееся утомление.

## **2.7. Надежность человека как элемента эрготической системы**

Человек является основным звеном современных эрготических (эрготехнических) систем. в то же время статистика аварий и катастроф свидетельствует о том, что 10-15%

всех отказов непосредственно связаны с ошибками человека (всего же, прямо или косвенно, с ошибками человека связано 20-30% аварий и катастроф). Следовательно, анализ надежности технических систем должен обязательно включать *человеческий фактор*.

**Надежность работы человека-оператора** определяется как способность успешного выполнения им работы или поставленной задачи на заданном этапе функционирования системы в течение заданного интервала времени при определенных требованиях к продолжительности выполнения работы.

**Ошибка (отказ) человека-оператора** определяется как невыполнение поставленной задачи (или выполнение запрещенного действия), которое может привести к нарушению нормального хода запланированных операций.

Ошибки оператора можно разделить на три большие группы:

- 1) цель операции не может быть достигнута из-за ошибочных действий оператора;
- 2) оператор стремится к достижению ошибочной цели (или какое-либо лицо);
- 3) оператор бездействует в тот момент, когда его участие необходимо.

Все многочисленные ошибки, допускаемые человеком в процессе осуществления взаимодействия «человек - машина» можно классифицировать следующим образом.

1. **Ошибки проектирования:** обусловлены неудовлетворительным качеством проектирования.
2. **Ошибки изготовления:** имеют место на этапе производства (неудовлетворительное качество работы, неправильный выбор материала и т.п.).
3. **Операторские ошибки:** неправильное выполнение установленных процедур.
4. **Ошибки технического обслуживания:** возникают в процессе эксплуатации (некачественный ремонт, неправильный монтаж и т.п.).
5. **Ошибки контроля:** связаны с ошибочной приемкой некачественного элемента или устройства.
6. **Ошибки обращения** (неудовлетворительное хранение, транспортировка изделий).
7. **Ошибки организации рабочего места:** теснота, наличие вредных факторов и т.п.
8. **Ошибки управления коллективом** (психологическая несовместимость, отсутствие стимулов и т.п.).
9. **Внесение ошибок.** Сюда относят ошибки, причину возникновения которых трудно установить.

**Ошибки оператора и уровень нагрузок.** Частота появления ошибок зависит от нагрузок, действующих на человека, причем эта зависимость является нелинейной. При малых нагрузках большинство операторов работает неэффективно, внимание рассеивается. Оптимальное качество работы достигает при умеренных нагрузках. При увеличении нагрузок возникает утомление, страх, беспокойство и вероятность ошибок возрастает.

**Критерии оценки деятельности оператора.** Деятельность оператора характеризуется быстродействием и надежностью.

Критерием быстродействия является время решения задачи, т.е. время от момента реагирования оператора на сигнал до момента окончания управляющих воздействий:

$$T_{on} = a + bH = a + H/V_{on},$$

где  $a$  – скрытое время реакции, т.е. промежуток времени от момента появления сигнала до реакции на него оператора (0,2...0,5 с);  $b$  – время переработки одной единицы

информации (0,15-0,35 мин.);  $H$  – количество перерабатываемой информации;  $V_{on}$  (2..4 ед/с), или пропускная способность, характеризующая время, в течение которого оператор постигает смысл информации.

Надежность оператора характеризуется его безошибочностью, готовностью, восстанавливаемостью, своевременностью и точностью. Для каждого из этих показателей разработаны соответствующие выражения. Вероятность  $P_j$  безошибочной работы, например, определяется на основе статистических данных.

## 2.8. Понятие риска. Управление риском

Люди ежедневно, сознательно или несознательно подвергаются целому ряду рисков. Риск объективен и сопряжен практически с любым видом деятельности. Каждый рискует, преодолевая опасности на производстве, в транспорте, быту. Рискуют все - рабочий, фермер, коммерсант, студент. Что же такое риск? Риск - это мера ожидаемой неудачи, неблагоприятия в деятельности, опасность наступления для здоровья человека неблагоприятных последствий; определенные явления, наступление которых содержит возможность материальных потерь.

С понятием риска связаны концептуальные (мировоззренческие подходы к безопасности жизнедеятельности). По мере развития техносферы, осознание человеком природы опасностей обеспечение безопасности жизнедеятельности рассматривалось в рамках различных концептуальных подходов, среди которых следует выделить следующие.

**Концепция абсолютной безопасности (нулевой риск).** Эта концепция известна также как теория высшей надежности, в соответствии с которой полагалось, что необходимые материальные затраты на средства защиты, подготовку персонала, строгий контроль за соблюдением всех норм и правил обеспечат полную безопасность.

**Детерминистский подход (теория нормальных аварий).** Эта концепция получила развитие в 80-е годы в ряде стран (США, Нидерланды, Великобритания) и активно разрабатывается в настоящее время. В соответствии с этим подходом признается невозможность обеспечения абсолютной безопасности. В рамках этой концепции рассматривается, в частности, опасность возникновения крупных аварий с катастрофическими последствиями.

Основным принципом детерминистического подхода является определение *приемлемого риска*, соответствующего с одной стороны практически достижимому уровню безопасности (риск настолько низок, насколько это возможно), а с другой стороны - разумно достижимому уровню безопасности с точки зрения затратно-прибыльного баланса. Другими словами, «безопасность – это то, сколько вы готовы за нее платить».

**Комбинированный подход.** Этот подход признает неизбежность опасных происшествий и аварий, но предполагает сведение их к минимуму на основе тщательного анализа опасностей при проектировании систем, приоритетного финансирования мероприятий по обеспечению безопасности, тщательного соблюдения законодательства в области безопасности, выполнения правил и инструкций.

**Определение риска. Виды риска.** Как было сказано выше, риск это

количественная оценка опасности. В настоящее время не существует единой формулы для определения риска, хотя общий подход к оценке риска может быть выражен с помощью формулы

$$\{\text{Риск}\} = \{\text{вероятность события}\} \times \{\text{значимость события}\}$$

Здесь под значимостью события обычно предполагается ущерб, который может быть нанесен в результате реализации нежелательного события.

Чаще всего риск определяется как частота или вероятность возникновения события. Он может быть рассчитан как частота реализации опасностей по отношению к их возможному числу, (или отношение числа нежелательных событий к общему числу событий)

$$R = \frac{N(t)}{Q(t)}.$$

Различают несколько видов рисков: индивидуальный, социальный, технический, экологический, экономический.

**Индивидуальный риск** обусловлен вероятностью реализации потенциальных опасностей при возникновении ОС.

$$R = \frac{P(t)}{N(f)},$$

где  $P(t)$  - число пострадавших (погибших) в единицу времени  $t$  (чаще в год),  $N(f)$  – общее число людей, подверженных фактору риска  $f$  в единицу времени  $t$ .

Пусть, например, число работающих в химической промышленности составляет 750 тыс. чел. Ежегодно на предприятиях химической промышленности в результате несчастных случаев погибает в среднем 150 чел. Тогда получим величину индивидуального риска как среднего числа смертей, приходящегося на одного человека в год:

$$R = \frac{150}{750000} = 2 \cdot 10^{-4}$$

В таблице 1 для сравнения приведены некоторые средние значения индивидуального риска гибели (в год), обусловленного различными причинами (по данным, относящимся к населению США).

Индивидуальный риск характеризует, таким образом, опасность определенного вида для отдельного индивидуума.

Индивидуальный риск может быть добровольным и вынужденным. *Добровольный риск* обусловлен деятельностью человека на добровольной основе, *вынужденному риску* человек, как правило, подвергается в составе части общества (например, проживание в экологически неблагоприятных регионах или вблизи источников повышенной опасности).

Таблица 1 - Средние значения индивидуального риска гибели (в год)

Вид опасности	Индивидуальный риск
Падения с высоты	$9 \cdot 10^{-5}$
Пожары	$4 \cdot 10^{-5}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Железная дорога	$4 \cdot 10^{-7}$
Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Ядерная энергия	$2 \cdot 10^{-10}$
Общий риск гибели в результате несчастного случая	$6 \cdot 10^{-4}$
Вид опасности	Индивидуальный риск
Производство	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Дорожно-транспортное происшествие	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Отравления	$2,7 \cdot 10^{-4}$
Утопления	$8,0 \cdot 10^{-5}$
Пожары	$4,0 \cdot 10^{-5}$

**Социальный риск** характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий ЧС, часто выражающийся в числе погибших, раненых. Другими словами, социальный риск это *зависимость частоты возникновения событий, вызывающих поражение определенного числа людей от этого числа людей*. Социальный риск  $R_c = f(N)$  вводится как некоторая характеристика масштаба возможных аварий.

Можно отметить такие виды рисков как **технический риск**, являющийся показателем надежности элементов техносферы, **экологический риск**, характеризующий масштабы экологического бедствия, катастрофы, нарушения устойчивости экологических систем, **экономический риск**, определяемый соотношением пользы и вреда, которые общество получает от рассматриваемого вида деятельности.

**Приемлемый риск** сочетает понятия индивидуального, социального, технического, экологического и экономического рисков и представляет собой компромисс между приемлемым уровнем безопасности и экономическими

возможностями его достижения. Материальные затраты на обеспечение безопасности, удорожая стоимость продукции, в конечном счете ложатся на общество, ухудшая качество жизни населения (рост социального риска). Таким образом, снижая все виды рисков, нельзя забывать, во что это обойдется обществу, и каким в результате окажется социальный риск.

Риск, таким образом, является приемлемым, если его величина (вероятность реализации) настолько незначительна, что ради получаемой при этом выгоды в виде материальных или социальных благ человек или общество в целом готовы пойти на риск.

Из рассмотренного выше следует, что можно говорить о приемлемом индивидуальном риске, приемлемом техническом риске, приемлемом экологическом риске и т.п. В развитых странах максимально приемлемым индивидуальным риском (в год) считается риск, равный  $10^{-6}$ , а пренебрежительно малым –  $10^{-8}$ . (Для экологического риска максимально приемлемое значение соответствует состоянию, когда может страдать 5% биогеоценоза.)

Следует иметь в виду, что *приемлемые риски, как правило, на 2 – 3 порядка «строже» фактически действующих, что свидетельствует о недостаточном уровне безопасности в системе «Человек – Окружающая среда».*

**Управление риском.** В связи с принятием концепции приемлемого риска, соответствующей как детерминистскому, так и комбинированному подходу к обеспечению безопасности (см. выше), встают задачи оценки риска и управления риском.

**Оценка риска – это анализ происхождения (возникновения) и масштабов риска в конкретной ситуации.**

Управление риском следует понимать как анализ рисков ситуации, разработка и обоснование управленческого решения, часто в форме правового акта, направленного на минимизацию риска. Примерная последовательность оценки риска может быть следующей:

- первичная идентификация (распознавание) опасности;
- описание источника опасности и связанного с ним ущерба;
- оценка риска в условиях нормальной работы;
- оценка риска по возможности гипотетических аварий на производстве, при хранении и транспортировке опасных веществ;
- исследование возможных сценариев развития аварии;
- статистические оценки и вероятностный анализ риска.



### Тема 3. Воздействие негативных факторов на человека и защита от них

**Аннотация.** Данная тема рассматривает производственные условия труда, основные негативные воздействия на человека и его здоровье во время работы, а также методы и способы по их минимизации.

Ключевые слова. Системы освещения, микроклимат, ПДК, вентиляция, кондиционирование, шум, уровень звука, электромагнитные излучения, электробезопасность.

#### 3.1. Производственное освещение

Через зрительный анализатор (ЗА) к нам поступает большая часть информации об окружающем мире. Зрительная работоспособность, производительность труда тесно связаны с рациональным производственным освещением. Свет оказывает влияние на эмоциональное состояние человека, обмен веществ, сердечно-сосудистую систему, нервно-психическую сферу. Свет - это не только важный стимулятор зрительного анализатора, но и организма в целом.

Недостаточная освещенность приводит к утомлению зрения, может создать опасную ситуацию, привести к травмам.

Слишком большая яркость источников света (блесткость) ведет к временному нарушению зрительной функции (ослепленность).

##### 3.1.1. Основные светотехнические понятия и характеристики освещения

Световой поток  $\Phi$  - поток лучистой энергии, оцениваемый по зрительному ощущению, характеризует мощность светового излучения [лм (люмен)].

Сила света  $J$  - пространственная плотность светового потока в данном направлении.

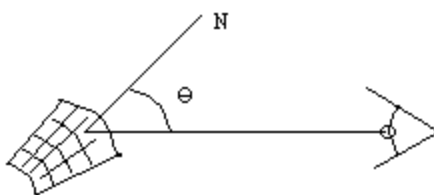
$$J = \frac{d\Phi}{d\Omega} [кд]$$

( $\Omega$  - величина телесного угла в стерadianах).

Освещенность  $E = \frac{d\Phi}{dS} [лк]$  ( $S$  - площадь освещаемой поверхности). 1 люкс - освещенность поверхности площадью 1 м<sup>2</sup> при  $\Phi = 1$  лм.

Яркость  $L$  - (элемента поверхности  $dS$  под углом  $\theta$  относительно нормали этого элемента есть отношение светового потока к произведению телесного угла на площадь элемента излучающей поверхности и косинус угла  $\theta$  между нормалью к поверхности и линией взгляда).

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dS \cdot \cos\theta} \text{ или } L = \frac{dJ}{dS \cos\theta} \left[ \frac{кд}{м^2} \right]$$



$$\text{Коэффициент отражения } \rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}};$$

$\rho < 0,2$             - фон темный  
 $0,2 < \rho < 0,4$     - фон средний  
 $\rho > 0,4$             - фон светлый

Блескость - повышенная яркость светящихся поверхностей в прямом и отраженном свете, вызывающая нарушение зрительных функций. Другим словами, это ощущение, связанное с наличием в поле зрения яркости, значительно превышающей яркость, к которой может адаптироваться глаз, и вызывающей раздражение, дискомфорт или потерю зрительной работоспособности и ухудшение видения. Блескость можно классифицировать либо по воздействию (дискомфортная блескость, слепящая блескость) либо в зависимости от ее источника (прямая, отраженная). Отраженная блескость может быть зеркальной или диффузной (также называется *вуалированным отражением*). Примерами отраженной блескости являются отражения на экранах видеотерминалы отражения от страниц книг.

Блескость ведет к раздражению, дискомфорту, утомлению зрения. Иногда значительно ухудшается и работоспособность.

Важной характеристикой освещения является контрастность – это различие в яркости или цвете предметов. Существенное значение имеет *контраст объекта с фоном*, который характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точка, линия, знак, трещина, риска, раковина и т.п.) и фона.

$$K = \frac{L\Phi - L_o}{L\Phi} \text{ при } L\Phi > L_o \qquad \frac{L_o - L\Phi}{L_o} \text{ при } L_o > L\Phi$$

При  $K > 0,5$  контраст считается большим

При  $0,2 \leq K \leq 0,5$  - средним

При  $K < 0,2$  - малым

Контрастность можно увеличить за счет увеличения освещенности (но не более, чем до 1000 лк), дальше это уже не эффективно, а необходимо улучшать качественные характеристики освещения.

Другой важной характеристикой, связанной со зрительной работой и освещением является видимость. Видимость – это способность глаза воспринимать объект

$$V = \frac{K}{K_{\text{пор}}}, \text{ где } K_{\text{пор}} - \text{пороговый контраст}$$

С видимостью связана величина показателя ослепленности, который является критерием оценки слепящего действия источника света. Здесь  $V_2$  - видимость объекта различения при наличии ярких источников в поле зрения,  $V_1$  - то же при экранировании этих источников. Экранирование осуществляемое с помощью щитков, козырьков и т.п.

$$\rho = \left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right) 1000,$$

Коэффициент пульсации

$$K_{\text{л}} = 100 \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{ср}}},$$

где  $E_{\text{max}}$ ,  $E_{\text{min}}$ ,  $E_{\text{ср}}$  - соответственно максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период и колебания.

Коэффициент пульсации является показателем *качества освещения* и, так же, как и показатель дискомфорта входит в число *нормируемых* параметров.

### 3.1.2. Виды и системы освещения

По видам производственного освещения различают:

- 1) естественное освещение
- 2) искусственное освещение
- 3) совмещенное освещение

Естественное освещение делится на 1) боковое, 2) верхнее, 3) комбинированное.

По назначению производственное освещение подразделяется на *рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное*.

При общем равномерном освещении распределение светового потока осуществляется без учета расположения оборудования.

При общем локализованном учитывает расположение оборудования.

Комбинированное освещение сочетает местное и общее освещение. Только местное освещение не применяется за исключением специальных оговоренных случаев.

### 3.1.3. Нормирование производственного освещения. Основные требования к производственному освещению.

В основу нормирования производственного освещения положены вид (разряд) зрительной работы, контраст объекта и фона, яркость фона, вид и система освещения (естественное, искусственное, общее, комбинированное).

В одной из предыдущих лекций мы рассмотрели зрительный анализатор и уже знаем, что зрительную функцию характеризует *световая, контрастная, цветовая чувствительность и острота зрения*. Для зрительного анализатора (ЗА) многообразие окружающего мира представлено различием предметов, объектов, характеризующихся размером, яркостью, контрастом с фоном и удаленностью от глаз.

Чем меньше размер объекта и контраст его с фоном и чем ближе его необходимо рассматривать, тем он труднее воспринимается глазом.

Таким образом, для нормальной работы ЗА воспринимаемые объекты должны быть: 1) *не менее определенного размера*; иметь 2) *контраст с фоном не менее определенной величины* и 3) *освещенность при этом должна быть достаточной*. Здесь мы видим явную зависимость между видимым характером зрительной работы и функциональным состоянием ЗА.

Отсюда нормирование производственного освещения определяется взаимоотношением упомянутой выше триады «*видимое излучение*» - «*зрительный анализатор*» - «*зрительная работа*».

В соответствии с этим все зрительные работы можно разделить на 3 основных вида:

1. ЗР, при выполнении которых не требуется использование оптических приборов (самая многочисленная группа)
2. ЗР с использованием оптических приборов
3. ЗР, связанные с восприятием информации с экрана, предъявляющие особые требования к освещению, а также к объекту восприятия (информация на экране), который в то же время является источником света.

Зрительные работы, выполняемые без оптических приборов

При нормировании искусственного освещения для зрительных работ 1-го вида

нормируемым параметром является освещенность  $E$  [лк],  $E = f$  (объект различия, фон; контраст).

Освещенность должна соответствовать характеру работы, определяющемуся 3-мя параметрами:

а) *объект различения* - наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельная его часть или дефект, который необходимо различать в процессе работы; при работе с приборами - толщина линии градуировки шкалы; при чертежных работах - толщина самой тонкой линии на чертеже.

б) *фон* - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения. Характеризуется коэффициентом отражения, зависящим от цвета и фактуры поверхности  $\rho = 0,02 \div 0,95$

$\rho > 0,4$  - светлый фон

$0,2 \leq \rho \leq 0,4$  - средний

$\rho < 0,2$  - темный

в) *контраст объекта с фоном  $K$*

В зависимости от размера объекта различения ЗР делятся в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения (I - наивысшей точности, II - очень высокой точности, III - высокой точности и т.п.), причем разряды с I по V разбиваются на 4 подразряда (а, б, в, г) в зависимости от контраста детали различения с фоном и коэффициента отражения фона. Для каждого подразряда установлены определенные значения освещенности, понижающиеся по мере увеличения размера объекта различения, увеличения контраста с фоном, увеличения коэффициента отражения фона.

Помимо требования соответствия освещенности разряду зрительной работы, фону и контрасту к производственному освещению предъявляются следующие требования:

1. Необходимо достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства. (Чтобы избежать частой переадаптации глаза). Для этого - комбинированное освещение, светлая окраска потолка и стен.

2. Отсутствие резких теней на рабочей поверхности (переадаптация, искажение размеров и формы предметов, движения тени могут приводить к травмам). Для этого - светильники со светорасширяющими, молочными стеклами. На окнах - солнцезащитные устройства, жалюзи, козырьки.

3. В поле зрения должна отсутствовать прямая и отражающая блескость, которая приводит к ухудшению *видимости*. Показатель ослепленности

$$P = \left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right) 1000$$

не должны превышать  $20 \div 80$  ед. (в зависимости от разряда ЗР).

4. Освещенность должна быть постоянна по времени ( $E = \text{const}$ ).

Колебания освещенности характерны для люминесцентных ламп. Они связаны с изменением напряжения в цепи и вызывают переадаптацию глаза и утомление. Постоянство освещенности достигается:

а) стабилизацией питающего напряжения

б) жестким креплением светильников

в) специальными схемами включения (газоразрядных ламп).

Допустимые коэффициенты пульсаций для газоразрядных ламп  $K_p \leq 10 \div 20\%$  (в зависимости от разряда ЗР).

5. Оптимальная направленность светового потока (возможность рассмотреть внутренние поверхности деталей, рельеф поверхности и т.д.).

6. Необходимый спектральный состав света - для правильной цветопередачи, иногда - для усиления цветных контрастов – естественное освещение и искусственные источники со спектральной характеристикой, близкой к солнечной.

Для создания цветовых контрастов - монохроматический свет, усиливающий одни цвета и ослабляющий другие.

7. Все элементы осветительных установок (светильники, групповые щитки, понижающие трансформаторы, осветительные сети) должны быть долговечными, электробезопасными, пожаро- и взрывобезопасными.

8. Простота, эстетика.

Нормирование естественного освещения. Для нормирования *естественного освещения* пользоваться количественной величиной нельзя, ведь естественное освещение характеризуется тем, что освещенность, создаваемая естественным освещением изменяется в чрезвычайно широких пределах в зависимости от времени дня, года, метеорологических факторов: облачности, отражающих свойств земного покрова.

В качестве нормируемой величины для естественного освещения принимается относительная величина - коэффициент естественного освещения

$$KEO = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100\%,$$

где  $E_{вн}$ ,  $E_{нар}$  - соответственно освещенности внутри здания и снаружи. ( $E_{нар}$  - наружная горизонтальная освещенность, создаваемая светом полностью открытого небосвода).

При боковом освещении нормируется *минимальное* значение КЕО, при верхнем и комбинированном - *среднее* ( оно не должно быть меньше нормированного при боковом освещении для аналогичной зрительной работы).

Для каждого производственного помещения строится кривая значений КЕО в характерном сечении (поперечный разрез посередине помещения перпендикулярно плоскости световых проемов), которая характеризует светотехнические качества помещения.

Кроме количественного показателя КЕО нормируют качественную характеристику - неравномерность естественного освещения

$$\zeta = \frac{KEO_{min}}{KEO_{max}} \geq 0,3$$

В многопролетных зданиях в северных широтах, для помещений, где требуется выдерживать стабильными параметры воздушной среды (участки прецизионных металлообрабатывающих станков и т.п.), для выполнения работ I и II разрядов (наивысшей и очень высокой точности) допускается *совмещенное освещение* (при этом КЕО может несколько снижаться, но не ниже нормативов, а общее искусственное освещение обеспечивается газоразрядными лампами, а величина нормы освещенности должна повышаться на 1 ступень.

При отсутствии или недостаточном естественном освещении  $KEO < 0,1\%$  при боковом и  $KEO < 0,3$  при верхнем и комбинированном) должны предусматриваться установки зрительного (ультрафиолетового профилактического облучения) для компенсации солнечной недостаточности. (Для нормализации обмена веществ,

дыхательных процессов, кровообращения и др.).

### 3.2. Обеспечение качества воздушной среды

Обеспечение качества воздушной среды, необходимого для нормальной жизнедеятельности человека подразумевает защиту от вредных веществ и неблагоприятных метеорологических условий. В самой постановке вопроса здесь отчетливо видны две задачи, а именно:

1) обеспечение достаточной чистоты воздуха.

- вне производственных территорий, в населенных пунктах.

- в рабочей зоне помещений, т.е. пространстве высотой до 2м. над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места.

2) обеспечение метеорологических условий в производственных помещениях, т.е. микроклимата.

#### 3.2.1. Обеспечение чистоты воздуха

Известно, что атмосферный воздух по объемному составу содержит 78% азота, 21% кислорода, 0,03% углекислого газа, остальное приходится на инертные и прочие газы. Кроме того, в воздухе содержатся отрицательные и положительные ионы. Их наличие так же необходимо для нормальной жизнедеятельности организма. Благоприятное влияние на человеческий организм оказывают отрицательные ионы кислорода.

Однако многие современные технологические процессы сопровождаются выделением вредных веществ – паров, газов, твердых и жидких частиц как в воздух рабочей зоны, так и в окружающую среду.

**Вредными**, являются вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

#### *Причины и характер загрязнения воздушной среды*

В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества (химические вещества условно подразделяют на: промышленные яды; ядохимикаты; бытовые; биологические, растительные и животные; БОВ-боевые отравляющие вещества) и производственную пыль.

Точнее, однако, следует говорить о:

1) смесях, которые образуют с воздухом пары и газы.

2) дисперсных системах (аэрозолях), которые в свою очередь подразделяются

на:

- пыль (или «аэрозоль дезинтеграции») с размером твердых частиц более 1 мкм;

- дым с размером твердых частиц менее 1 мкм;

- туман (или «аэрозоль конденсации») с размером жидких частиц менее 10 мкм.

Пыль бывает крупно дисперсной (размер частиц более 50 мкм), среднedisперсной (50-100мкм) и мелкодисперсной (менее 10мкм).

Выделение того или иного вредного вещества зависит от технологического процесса, используемого сырья, а так же от промежуточных и конечных продуктов. Например, пары образуются в результате применения различных жидких веществ (растворителей, кислот, бензина, ртути и т.д.), а газы – чаще всего при проведении технологического процесса (сварка, литье, термическая обработка металлов, электролиз и т.д.)

Пыль образуется при дроблении и размоле, транспортировке различного материала, механической обработке хрупких материалов, отделке поверхностей (шлифование, глянецвание) и т.д. Это основные, или первичные причины пылеобразования. При уборке помещений, движении людей, механизмов может происходить вторичное пылеобразование.

Дым возникает при сгорании топлива в печах и энергоустановках, а туман – при использовании СОЖ, в гальванических и травильных цехах при обработке металлов.

#### *Действие вредных веществ на организм человека.*

В организм человека вредные вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

Отравления вредными веществами могут быть острыми и хроническими.

Острые отравления развиваются быстро, и обусловлены высокими концентрациями вредных паров и газов. Встречаются острые отравления в основном в аварийных ситуациях.

Хронические отравления развиваются медленно в результате накопления в организме вредных веществ (т.н. «материальная кумуляция») или суммирования функциональных изменений, вызванных действием таких веществ («функциональная кумуляция»).

Действие вредных химических веществ на человека зависит от их физико-химических свойств.

**А.** По характеру их воздействия на человека вредные вещества, согласно ГОСТ 12.0.003, подразделяются на следующие подгруппы:

1) Общетоксические, т.е. вызывающие отравление всего организма (СО, цианистые соединения, Pb, Hg, бензол, As и его соединения, ароматические углеводороды и их производные и т.д.)

2) Раздражающие, т.е. вызывающие раздражение органов дыхания, слизистых оболочек (Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HF, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, ацетон и т.д.)

3) Сенсibilизирующие, т.е. действующие как аллергены (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитросоединений и др.)

4) Канцерогенные, т.е. вызывающие образование злокачественных опухолей (никель и его соединения, окись хрома, асбест, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), образующиеся при термической (выше 350°C) переработке горючих ископаемых (нефти, каменного угля, сланцев, древесины) или неполном их сгорании, продукты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (мазуты, гудрон, битумин, масла, сажа и др.), ароматические амины и др.)

5) Мутагенные, т.е. влияющие на генетический аппарат зародышевых и соматических клеток и приводящие к изменениям (мутациям) наследственной информации (Pb, Mn, радиоактивные элементы, формальдегид и др.)

6) Влияющие на репродуктивную функцию (Hg, Pb, Mn, никотин, стирол, радиоактивные вещества и др.)

**В.** По степени воздействия на организм человека вредные вещества

подразделяются на 4 класса:

- Чрезвычайно опасные.
- Высоко опасные.
- Умеренно опасные.
- Мало опасные.

Весьма распространенным опасным и вредным производственным фактором является производственная пыль. Она может оказывать на человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие.

Раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую глаз, кожу оказывает пыль стекловолокна, слюды и др.

Токсическое действие оказывают пыли токсичных веществ (свинца, хрома, бериллия и др.)

Фиброгенное действие пыли проявляется в разрастании соединительной ткани в легких.

Поражающее действие пыли во многом определяется ее дисперсностью, т.е. размером частиц пыли. Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с размером частиц до 5мкм (особенно 1...2мкм), осаждающиеся в легких, а также аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3...0,4мкм, не задерживающимися в верхних дыхательных путях, и проникающими в легкие.

Вредность производственной пыли обусловлена ее способностью вызывать профессиональные заболевания легких – пневмокониозы. Наиболее распространенной и тяжелой формой пневмокониоза является силикоз – пылевой фиброз легких, развивающийся при вдыхании пыли. Содержащей  $\text{SiO}_2$ . К профессиональным заболеваниям относятся так же пылевые бронхиты, пневмонии, бронхиальная астма и т.п.

Решающее влияние на степень поражения организма человека вредными химическими веществами и пылью имеет:

- концентрация их в воздухе рабочей зоны.
- продолжительность воздействия.

**Комбинированное действие промышленных ядов.** В производственных условиях работающие обычно подвергаются одновременному воздействию нескольких вредных веществ. При этом возможно четыре варианта проявления их действия:

- а) потенцирование, или синергизм (непропорциональное усиление вредного действия).
- б) Суммирование вредного действия.
- с) «антагонизм» (уменьшение вредного воздействия)
- д) «независимое»

на токсическое воздействие вредных веществ оказывают влияние и другие вредные факторы (повышенная температура и влажность воздуха, шум, сильное мышечное напряжение и т.п.), а также индивидуальные особенности человека.

3.2.2. Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны и населенных мест.

Основные показатели, используемые для контроля качества воздуха в нашей стране, являются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. С позиции экологии ПДК вещества представляют собой верхние пределы лимитирующих



факторов среды, при которых их содержание не выходит за пределы экологической ниши человека.

Поскольку на нынешнем этапе развития технологий не представляется возможным полностью прекратить выброс вредных веществ в окружающую среду, в настоящее время существует раздельное нормирование содержания примесей в воздухе, т.е. используются два типа ПДК:

**1. В воздухе рабочей зоны (ПДК р.з.)** – концентрация, которая при еженедельной (кроме выходных дней) работе в течении 8 ч. (или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю) в течении всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

**2. В атмосферном воздухе селитебной зоны (ПДК а.в.)** – максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к среднему времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

ПДК подразделяются также на:

- максимальные разовые ПДК м.р. (определяются в течении 30 мин. и усредняются).

- среднесуточные ПДК с.с. (определяются и усредняются в течении 24 ч.)

ПДК р.з. > ПДК м.р. и ПДК р.з. > ПДК с.с. (иногда в десятки раз).

Содержание примесей в воздухе и ПДК измеряются в  $\frac{мг}{м^3}$ .

Значения ПДК установлены органами Минздрава и являются законом. Работники санитарных служб контролируют фактическое содержание примесей в воздухе и его отклонение от значения ПДК.

**Эффект суммации.** Некоторые вещества способны оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм. В этом случае говорят об эффекте суммации вредного действия. Необходимо, например, учесть эффект суммации для фенола и ацетона, озона, диоксида азота, формальдегида и др.

Согласно общему правилу, если  $q$  – фактическая концентрация, то должно выполняться правило:

$$\frac{q}{ПДК} \leq 1$$

Если в воздухе присутствует несколько веществ, обладающих эффектом суммации, то качество воздуха будет соответствовать нормативам при условии, что:

$$\sum_{j=1}^n \frac{q_j}{ПДК_j} \leq 1$$

где  $n$  - количество веществ, обладающих эффектом суммации.

### 3.2.3. Микроклимат производственных помещений

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности

энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ,
- температура поверхностей (стен, пола, потолка, различных устройств, технологического оборудования и т.п.),  $^{\circ}\text{C}$ ,
- относительная влажность воздуха, %,
- скорость движения воздуха, м/с,
- интенсивность теплового облучения, Вт/м<sup>2</sup>,
- давление.

Однако к числу **нормируемых** параметров относятся только первые пять показателей. Давление не относится к числу **нормируемых** параметров микроклимата.

Роль микроклимата в жизнедеятельности человека предопределяется тем, что последняя может нормально протекать лишь при условии сохранения температурного гомеостаза организма, который достигается за счет системы терморегуляции и усиления деятельности других функциональных систем: сердечно-сосудистой, выделительной, эндокринной, а также систем, обеспечивающих энергетический, водно-солевой и белковый обмены. Напряжение в функционировании перечисленных систем, обусловленное воздействием неблагоприятного микроклимата, может сопровождаться ухудшением здоровья, которое усугубляется воздействием на организм других вредных производственных факторов (вибрация, шум, химические вещества и др.).

В ГОСТ 12.1.005-88 указаны оптимальные и допустимые показатели микроклимата в производственных помещениях. Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону, а допустимые устанавливают отдельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по техническим, технологическим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные условия.

**Оптимальные микроклиматические условия** - это такие условия, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены без напряжения механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

**Допустимые микроклиматические условия** – это сочетания параметров микроклимата, которые не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

При нормировании параметров микроклимата учитываются физическая тяжесть выполняемых работ и время года.

Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21)

#### 3.2.4. Защита от избыточного тепла и теплового (инфракрасного) излучения.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, пламени, горячих поверхностей и т.п. подвергаются действию теплового, или инфракрасного излучения. При этом повышается температура кожи и лежащих глубже тканей. Инфракрасное излучение характеризуется своей интенсивностью, которая в производственных условиях может достигать 3000-6000 Вт/м<sup>2</sup>.

На инфракрасное облучение реагирует весь организм, что приводит к

- биохимическим сдвигам (гормональные разрушения)
- нарушениям деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем
- катаракте глаз (при длительном воздействии инфракрасных лучей с  $\lambda = 0,72 \div 1,5$  мкм).

Кроме того, лучистый поток энергии нагревает пол, стены, перекрытия, оборудование, следовательно повышается температура воздуха в помещении.

У большинства производственных источников максимум излучаемой энергии приходится на длинноволновую часть спектра.

Защита от избыточного тепла, создаваемого в помещении оборудованием, отопительными приборами, нагретыми материалами, теплоотдачей находящихся в нем людей осуществляется путем удаления нагретого воздуха из помещения с помощью вентиляции.

Для защиты от лучистого потока теплоты используют следующие способы:

- 1) Теплоизоляция нагретых поверхностей
- 2) Воздушное душирование.
- 3) Экранирование рабочих мест и источников излучения
- 4) Защитная одежда
- 5) Организация рационального отдыха.

По принципу действия различают следующие типы экранов:

- Теплоотражающие (листовой алюминий, белая жель, алюминиевая техническая фольга, укрепляемая на несущем материале).
- Теплопоглощающие (материалы с большим сопротивлением теплопередачи: асбестовые щиты на металлической сетке ли листе, огнеупорный кирпич).
- Теплоотводящие (сварные или литые конструкции, охлаждаемые водой).

Это деление в известной степени условно, т.к. любой экран обладает всеми тремя способностями в разной степени.

### 3.2.5. Вентиляция производственных помещений.

Задача вентиляции – обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях.

Вентиляция достигается удалением нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

*Системы вентиляции*

Принято классифицировать вентиляцию по способу перемещения воздуха, по цели и по месту действия.

*По способу перемещения воздуха:*

- А) Естественная.
- Б) Механическая (принудительная).

Естественной вентиляцией называется система вентиляции, в которой перемещение воздушных масс происходит благодаря возникающей разности давлений

снаружи и внутри здания. Это может быть *неорганизованная* естественная вентиляция, или естественное проветривание – движение воздуха через неплотности в ограждениях и элементах строительных конструкций, и *организованная*, например, канальная естественная вытяжная аэрация, которая широко применяется в жилых и административных зданиях. Повсеместно распространена *аэрация* – организованная естественная общеобменная вентиляция в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей.

*По цели:*

- А) Приточная (для подачи).
- Б) Вытяжная (для удаления)
- В) Приточно-вытяжная.

*По месту:*

А) Общеобменная, предназначенная для ассимиляции избыточной теплоты, влаги и вредных веществ во всем объеме рабочей зоны помещений.

Б) Местная (применяется, когда помещение велико, а число рабочих мест мало).

С помощью местных отсосов вредные вещества удаляются непосредственно в местах их выделения. К устройствам местной вентиляции относятся бортовые отсосы, вытяжные зонты, вытяжные шкафы и др.

В помещениях, где возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны большого количества вредных веществ, наряду с рабочей предусматривается устройство аварийной вентиляции.

Наиболее совершенным видом промышленной вентиляции является **кондиционирование воздуха**, т.е. автоматическая обработка воздуха с целью поддержания в помещении заранее заданных метеорологических условий независимо от изменения наружных условий. При кондиционировании автоматически регулируется температура воздуха, его относительная влажность и скорость подачи в помещение в зависимости от времени года, наружных метеоусловий и характера технологического процесса в помещении.

*Требования к вентиляционным системам.*

Для эффективной работы системы вентиляции необходимо выполнение следующих требований:

1. Объемы приточного и вытяжного воздуха должны быть приблизительно равны

$$L_{пр} \approx L_{выт}$$

Иногда, в особых случаях бывает необходимо и их неравенство. Так, возможна ситуация, когда во всем помещении необходимо поддерживать избыточное давление (например, в цехах электровакуумного производства, где важно отсутствие пыли, проникающей через различные неплотности в ограждениях).

2. Приточные и вытяжные системы в помещении должны быть правильно размещены. Свежий воздух необходимо подавать там, где количество вредных веществ минимально (или их нет вообще).

3. Система вентиляции не должна вызывать переохлаждения или переохлаждения работающих.

4. Система вентиляции не должна создавать шум выше предельно допустимого

5. Система вентиляции должна быть электро-, пожаро- и взрывобезопасна, проста по устройству, надежна и эффективна.

### 3.3. Производственный шум

#### 3.3.1. Действие шума на организм человека

Шум определяют как всякий нежелательный для человека звук. Другими словами, это звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью. с физической точки зрения шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Проявление вредного воздействия шума на организм весьма разнообразно.

**Специфическое воздействие шума** (действие на слуховой анализатор). Длительное воздействие интенсивного шума (выше **80 дБ (А\*)**) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. В зависимости от длительности и интенсивности воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, которое выражается либо:

а) во временном смещении порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума;

б) в необратимой потере слуха (тугоухость), характеризуемой постоянным изменением порога слышимости.

Для профилактической работы по обеспечению безопасных условий труда по шумовому фактору служит аудиометрический контроль (аудиометрия) работающих, проводимый для оценки состояния органов слуха. При этом состояние слуховой функции оценивают как среднеарифметическое значение снижения слуховой чувствительности в диапазоне речевых частот (500-2000 Гц) и на частоте 4000 Гц.

Различают три степени потери слуха:

- **I степень** (легкое снижение слуха) - потеря слуха в области речевых частот составляет  $10 \div 20$  дБ (на частоте 4000 Гц -  $60 \pm 20$  дБ),

- **II степень** (умеренное снижение) -  $21 \div 30$  дБ в области речевых частот,  $65 \pm 20$  на 4000 Гц,

- **III степень** (значительное снижение) - более 31 дБ на речевых частотах,  $78 \pm 20$  дБ на 4000 Гц.

Как показывают исследования, тугоухость в последние годы выходит на ведущее место среди профессиональных заболеваний и не обнаруживает тенденции к снижению.

**Неспецифическое воздействие шума.** Шум воздействует не только на орган слуха. Через волокна слуховых нервов раздражение шумом передается в центральную и вегетативную нервную системы, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения. Установлено, что человек, подвергающийся воздействию интенсивного шума, затрачивает на 10 - 20% больше физических и нервно-психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую при уровне звука ниже 70 дБ (А). Общая заболеваемость рабочих шумных производств на  $10 \div 15\%$  выше.

Воздействие шума на вегетативную нервную систему проявляется даже при небольших уровнях звука (40 - 70 дБ(А)) и не зависит от субъективного восприятия шума человеком. Наиболее ярко выраженной вегетативной реакцией является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также (при уровнях звука выше **85 дБ (А)**) повышение артериального давления.

Воздействие шума на ЦНС вызывает замедление зрительно-моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме (уже при шуме 50 - 60 дБ (А)), существенно изменяет биопотенциалы мозга, вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга.

**Шумовая болезнь.** Для описания комплекса симптомов, связанных как со специфическим, так и с неспецифическим воздействием шума, существует термин «шумовая болезнь». К объективным симптомам шумовой болезни относятся:

- снижение слуховой чувствительности,
- изменение функции пищеварения (снижение кислотности)
- сердечно-сосудистая недостаточность,
- нейро-эндокринные расстройства.

Субъективными симптомами являются:

- раздражительность,
- головные боли,
- головокружение,
- снижение памяти,
- повышенная утомляемость,
- потеря аппетита,
- боли в ушах и т.д.

Эти явления нарастают с увеличением периода, в течение которого человек подвергается действию шума, т.е. шумовые явления обладают свойством **кумуляции**. При длительном воздействии шума возможно возникновение заболеваний сердечно-сосудистой системы, гипертоническая болезнь, язвенная болезнь.

До последнего времени оценка приемлемости производственного шума с уровнем выше 80 дБ (А) чаще всего основывалась на выявлении его воздействия на органы слуха. Теперь доказано, что и шумы средних уровней (ниже 80 дБ (А)), не вызывающие потери слуха, тем не менее оказывают неблагоприятное воздействие на организм в целом, что должно было в последние годы при нормировании шума.

В современных условиях шум - это один из серьезных факторов загрязнения окружающей среды; связанный с ростом городов, развитием транспорта, промышленности, бытовой техники). Основным источником шума в городах является транспорт. Уровень шума в крупных городах достиг интенсивности промышленных шумов (80-100 дБ).

Производственный шум затрудняет прием и передачу информации, что приводит к снижению эффективности и безопасности труда. Высокий уровень шума мешает, в частности, услышать сигнал опасности. Уровень интенсивности шума на частоте 1000 Гц, равный 70 дБ считается предельным уровнем, при котором человек может еще понимать команды, произнесенные обычным голосом. При 75 дБ исключено исполнение телефонной связи. Для нормального приема и передачи информации по телефону уровень шума около телефонного аппарата не должен превышать 50 - 55 дБ. Под воздействием шума снижаются способность сосредоточения внимания, точность выполнения работ, особенно тех ее видов, которые связаны с приемом и передачей информации, а следовательно, производительность труда.

### 3.3.2. Частотный диапазон звука

Ниже 20 Гц и выше 20 кГц находятся соответственно области неслышимых человеком инфра- и ультразвука. Кривые (рис. 5), расположенные между кривой порога болевого ощущения и кривой порога слышимости называются кривыми равной громкости и отражают различие в восприятии звука человеком на разных частотах.

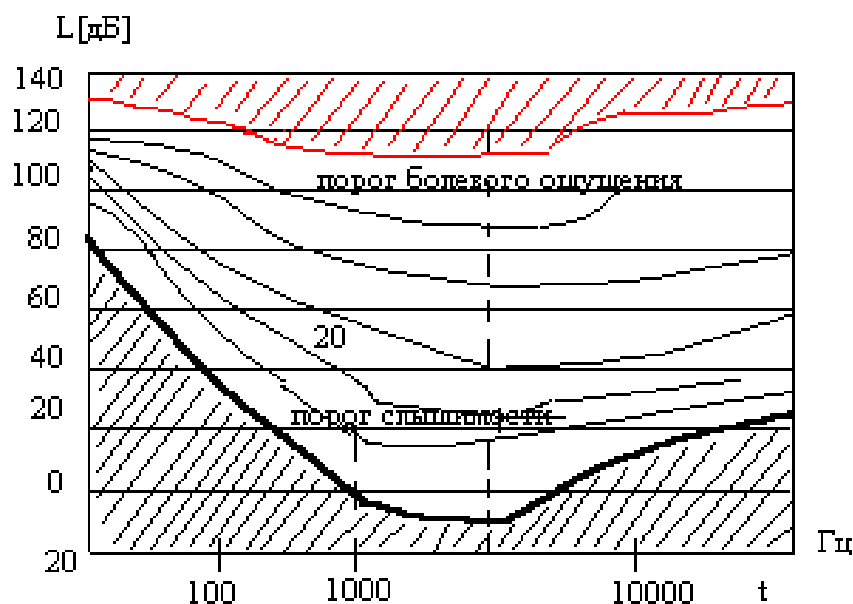


Рис. 5

Поскольку звуковые волны представляют собой колебательный процесс, величины интенсивности звука и звуковое давление в точке звукового поля изменяются во времени по синусоидальному закону. Характерными величинами являются их среднеквадратичные значения. Зависимость среднеквадратичных значений синусоидальных составляющих шума или соответствующих им уровней в децибелах от частоты называется частотным спектром шума (или просто спектром). Спектры получают, используя набор электрических фильтров, которые пропускают сигнал в определенной полосе частот - *полосе пропускания*.

Для получения частотной характеристики шума звуковой диапазон по частоте разбивается на полосы с определенным соотношением граничных частот  $\frac{f_v}{f_n}$  (рис.6)

**Октавная полоса** - полоса частот, в которой верхняя граничная частота  $f_v$  равна удвоенной нижней частоте  $f_n$ , т.е.  $f_v/f_n = 2$ .



Рис.6

Например, если взять музыкальный звукоряд, то звук с частотой  $f = 262$  Гц это «до» первой октавы. Звук с  $f = 262 \times 2 = 524$  Гц - «до» второй октавы. «Ля» первой октавы это 440 Гц, «Ля» второй - 880 Гц. Чаще всего применяется разбиение звукового диапазона именно на октавы, или октавные полосы. Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой

$$f_{с.г.} = \sqrt{f_n \cdot f_v}$$

В некоторых случаях (детальное исследование источников шума, эффективности звукоизоляции) используют деление на полуоктавные полосы ( $f_v/f_n = \sqrt{2}$ ) и

третьеоктавные полосы ( $f_b/f_n = \sqrt[3]{2} = 1,26$ ).

### 3.3.3. Измерение производственного шума

Звук характеризуется своей интенсивностью  $I = \frac{\rho^2}{\rho c} \left[ \frac{Bm}{m^2} \right]$  и звуковым

давлением  $P$  [Па]. Кроме этого, любой источник шума характеризуется звуковой мощностью, которая представляет собой общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство.

С учетом логарифмической зависимости ощущения от изменения энергии раздражителя (закон Вебера-Фехнера) и целесообразности унификации единиц и удобства оперирования с цифрами принято использовать не сами величины интенсивности, звукового давления и мощности, а их логарифмические уровни

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0} [\text{Дб}], \quad L = 20 \lg \frac{P}{P_0} [\text{Дб}], \quad L_P = 10 \lg \frac{\Phi}{\Phi_0} [\text{Дб}],$$

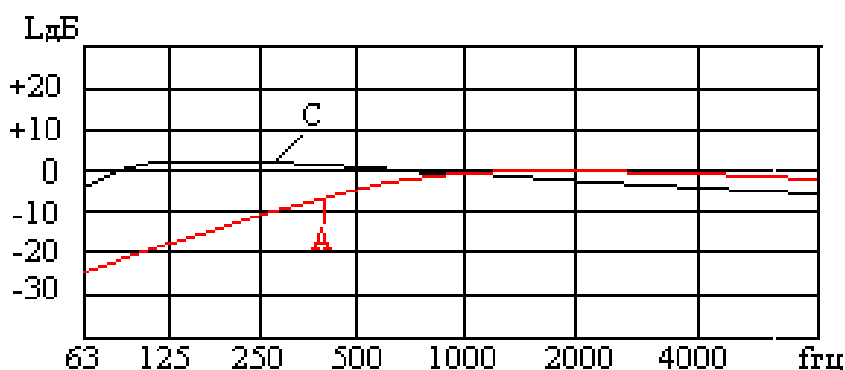
где  $I$  – интенсивность звука в данной точке,  $I_0$  – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости, равному  $10^{-12}$  Вт/м,  $P$  – звуковое давление в данной точке пространства,  $P_0$  – пороговое звуковое давление, равное  $2 \cdot 10^{-5}$  Па,  $\Phi$  – мощность звука в данной точке,  $\Phi_0$  – пороговая звуковая мощность, равная  $10^{-12}$  Вт.

При нормальном атмосферном давлении

$$L_J = L_p = L$$

Для измерения шума с целью оценки его воздействия на человека, используется уровень звукового давления  $L_p$  (часто обозначается просто  $L$ ). Уровень интенсивности  $L_J$  используют при акустических расчетах помещений.

При оценке и нормировании шума используют также специфическую величину, называемую уровнем звука. **Уровень звука** – это общий уровень шума, измеренный по шкале А шумомера. В современных шумомерах используют обычно две характеристики чувствительности – «А» и «С» (см. рис. 7). Характеристика «С» практически линейна во всем измеряемом диапазоне и используется для исследования спектра шума. Характеристика «А» имитирует кривую чувствительности человеческого уха. Единица измерения уровня звука – **Дб(А)**. Таким образом уровень в дБ(А) соответствует субъективному восприятию шума человеком.





### 3.3.4. Классификация шума

#### **Классификация шума по источникам возникновения**

**Механический шум.** Механический шум обусловлен колебаниями деталей машин и их взаимным перемещением. Возбуждение механического шума обычно носит ударный характер, излучающие его конструкции и детали представляют собой системы с многочисленными резонансными частотами. Поэтому спектр механического шума занимает широкую область частот. Наличие высоких частот делают шум особо неприятным.

**Аэрогидродинамический шум.** Аэрогидродинамические шумы возникают при движении газов и жидкостей, их взаимодействия с твердыми телами (шумы из-за периодического выпуска газа в атмосферу, например, сирена, шумы из-за образования вихрей, отрывных течений, турбулентные шумы из-за перемешивания потоков и т.п.).

**Электромагнитный шум.** Электромагнитный шум возникает в электрических машинах и оборудовании из-за взаимодействия ферромагнитных масс под влиянием переменных (во времени и в пространстве) магнитных полей, а также сил, возникающие при взаимодействии магнитных полей, создаваемых токами.

#### **Классификация по характеру спектра и временным характеристикам**

В зависимости от спектра выделяют так называемый **широкополосной**, или **белый** шум, т.е. шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы и **тональный** шум, в спектре которого имеются дискретные тона шириной менее одной октавы.

В зависимости от изменения по времени различают **постоянный шум**, под которым понимается шум, при котором *уровень звука* за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБ(А). Если это изменение составляет более 5 дБ(А), то шум считается **непостоянным**.

Непостоянные шумы в свою очередь делается на **колеблющиеся во времени**, **прерывистые** и **импульсные** (см. рис.8).

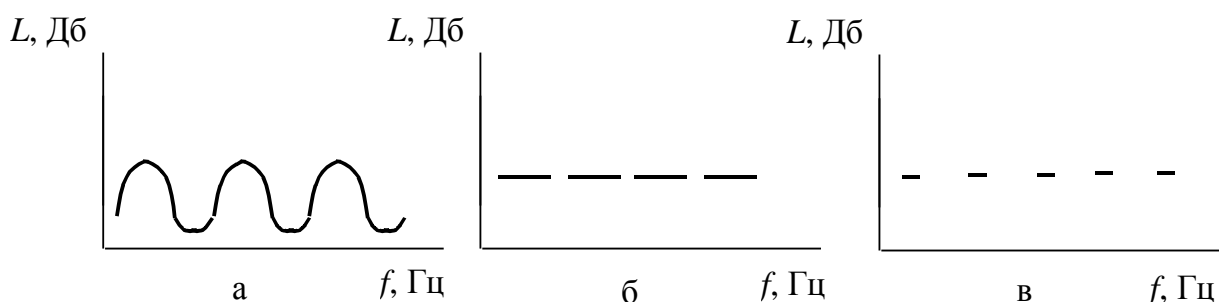


рис. 8

а – колеблющийся шум, б – прерывистый шум, в – импульсный шум

### 3.3.5. Нормирование производственного шума

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума и нормирование уровня звука в дБА.

**Нормирование по предельному спектру.** Этот метод является основным для постоянных шумов. Здесь нормируются уровни звуковых давлений в 8 октавных полосах частот с  $f_{сг} = 63, 125, 250 \dots 8000$  Гц. Совокупность восьми допустимых уровней звукового давления и называется предельным спектром (ПС).

Для каждой категории рабочих мест (конструкторские бюро, лаборатории, цеха и т.п.) регламентирован свой предельный спектр шума. Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах приведены в ГОСТ 12.1.001-83

**Нормирование уровня звука в дБА.** Этот метод используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума, когда мы не знаем спектра шума.

Уровень звука (дБА) связан с предельным спектром зависимостью:  $L_A = ПС + 5$

Для тонального и импульсного шумов допустимые уровни должны приниматься на 5 дБ меньше нормативных для постоянного шума.

Для оценки акустической энергии, воздействующей на человека за определенный период времени используется **доза шума**, скорректированная по частотной характеристике «А» шумомера [ $\text{Па}^2 \cdot \text{г}$ ]:  $D = P_A^2 \cdot T$ , где  $P_A$  - звуковое давление, соответствующее измеренному уровню звука в дБА.

Допустимая доза шума - доза, соответствующая допустимому уровню звука или допустимому эквивалентному уровню звука.

Для непостоянного шума нормированным параметром является эквивалентный (по энергии) уровень звука широкополосного, постоянного и неимпульсного шума, оказывающего на человека такое же воздействие, как и непостоянный шум ( $L_{\text{экв}}$ , [дБА]). Этот уровень измеряется специальными интегрирующими шумомерами.

### 3.3.6. Методы борьбы с шумом

При проектировании новых предприятий, производственных помещений необходимо принимать меры, чтобы шум в помещениях не превышал допустимых значений. Разработке мероприятий по борьбе с шумом должен предшествовать акустический расчет. Его задачами являются:

- определение уровня звукового давления в расчетной точке (РТ), когда известен источник шума и его шумовые характеристики;
- расчет необходимого снижения шума.

В качестве методов борьбы с шумом используются следующие:

#### ***Уменьшение шума в источнике (т.е. «защита количеством»)***

Борьба с шумом в источнике (посредством уменьшения уровня звуковой мощности  $L_p$ ) является наиболее рациональной. Конкретные мероприятия здесь зависят от природы шума (механический, аэрогидродинамический, электромагнитный). Так уменьшение механического шума может быть достигнуто путем совершенствования технологических процессов и оборудования. Для уменьшения аэрогидродинамического шума следует стремиться к уменьшению скоростей обтекания тел потоком среды (газовой или жидкой), к улучшению аэродинамических качеств обтекаемых тел. Снижение электромагнитного шума достигается путем конструктивных изменений в

электрических машинах. Например, в трансформаторах необходимо применять более плотную прессовку пакетов, использовать демпфирующие материалы.

### ***Изменение направленности излучения шума***

Этот способ следует применять при проектировании установок с направленным излучением шума, соответствующим образом ориентируя эти установки по отношению к рабочим местам или жилым массивам.

### ***Рациональная планировка предприятий и цехов***

При планировке наиболее шумные цехи должны быть сконцентрированы в одном-двух местах. Расстояние между шумными цехами и помещениями, где должен поддерживаться низкий уровень шума (конструкторское бюро и т.п.) должно быть достаточным для обеспечения необходимого снижения шума. Если предприятие расположено в черте города, шумные цехи должны находиться в глубине его территории.

### ***Акустическая обработка помещений***

Этот метод основан на том факте, что интенсивность шума в помещениях зависит не только от прямого, но и от отраженного звука. В случаях, когда нет возможности уменьшить прямой звук, для снижения шума можно уменьшить энергию отражаемых волн. Это достигается увеличением эквивалентной площади звукопоглощения путем размещения на его внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок, а также установки в помещениях штучных звукопоглотителей.

Процесс поглощения звука происходит за счет перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в порах материала. Поэтому для эффективного звукопоглощения материал должен обладать пористой структурой, причем поры должны быть открыты со стороны падения звука и быть незамкнутыми, чтобы не препятствовать проникновению звуковой волны в толщу материала.

Свойствами звукопоглощения обладают все строительные материалы. Однако звукопоглощающими материалами и конструкциями принято называть только те, у которых коэффициент звукопоглощения  $\alpha$  на средних частотах больше 0,2. Это прежде всего такие материалы как ультратонкое стекловолокно, минеральная вата, древесноволокнистые плиты, пористый поливинилхлорид, различные пористые жесткие плиты на цементной вяжущей основе и др.

У таких материалов как кирпич, бетон коэффициент звукопоглощения мал ( $\alpha = 0,01 \div 0,05$ ). Звукопоглощающие облицовки снижают шум на 6-8 дБ в зоне отраженного звука (вдали от источника) и на 2-3 дБ вблизи источника. Но на высоких частотах облицовки эффективнее (8-10 дБ), таким образом, они позволяют сделать шум более глухим и, следовательно, менее раздражающим.

### ***Уменьшение шума на пути его распространения***

Этот путь предусматривает применение звукоизолирующих ограждений (стены, перегородки, экраны, кожухи, кабины и т.п.). Сущность звукоизоляции ограждения состоит в том, что падающая на него звуковая энергия отражается в гораздо большей мере, чем проникает за ограждение. Звукоизолирующие свойства ограждения характеризуются коэффициентом звукопроницаемости  $\tau$

$$\tau = \frac{P_{np}}{P_{пад}} = \frac{J_{np}}{J_{пад}}, < 1$$

где  $P_{np}$ ,  $P_{пад}$ ,  $J_{np}$ ,  $J_{пад}$  - соответственно прошедшие через ограждения и падающие на него и соответствующие им значения интенсивностей.

Звукоизоляция ограждений тем выше, чем тяжелее материал, из которого они сделаны. Звукоизоляция одного и того же ограждения возрастает с увеличением частоты.

В отличие от звукопоглощающих конструкций звукоизолирующие конструкции должны быть выполнены из плотных, твердых и массивных материалов.

### ***Глушение шума***

Глушители шума применяются в основном для уменьшения шума различных аэродинамических установок и устройств. Они устанавливаются на воздуховодах, каналах, соплах и подразделяются на абсорбционные (поглощающие звуковую энергию), реактивные (отражающие звуковую энергию обратно к источнику) и комбинированные.

### ***Экранирование шума***

Экраны устанавливают между источником шума и рабочим местом. Эффект экранирования основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. Эффективность экранирования зависит от соотношения между размерами экрана и длиной волны  $\lambda$ : чем больше длина волны, тем меньше при данных размерах область тени за экраном, следовательно, тем меньше снижение шума. Поэтому экраны применяют в основном для защиты от средне- и высокочастотного шума. На низких частотах ( $\lambda$  велика) экраны малоэффективны, так как за счет эффекта дифракции звук легко их огибает.

Эффективность экрана тем выше, чем меньше расстояние от экранируемого рабочего места до источника шума.

Экраны эффективны, когда отсутствуют огибающие его отраженные волны, т.е. либо на открытом воздухе, либо в облицованном помещении, т.е. помещении, подвергнутом акустической обработке.

### ***Средства индивидуальной защиты***

К СИЗ от шума относятся наушники, шлемы, каски. При уровнях звука  $L \geq 135$  дБА используются противошумные костюмы (типа жесткого скафандра).

Измерение шума – шумомеры ШУМ-1, ШМ-1, ИШВ-2 в комплекте с октавными фильтрами, полосовые фильтры, измерительные микрофоны, магнитофоны, самописцы и др., акустическая аппаратура зарубежных фирм.

#### **3.3.7. Ультразвук. Нормирование и защита**

Ультразвуковыми колебаниями называются колебания с  $f > 20$  кГц. У ультразвука та же природа, что и у звука.

Источники: оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологических операций (очистка и обезвреживание деталей, дефектоскопия, сварка, сушка, технический контроль) и оборудование, где ультразвук возникает как сопутствующий фактор.

Ультразвуковые колебания делятся на:

- низкочастотные  $f < 100$  кГц (распространение воздушным и контактным путем) выраженные сдвиги в состоянии нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной системах, обмене веществ и терморегуляции;

- высокочастотные  $100 \text{ кГц} < f < 1000000 \text{ кГц}$  (распространяется контактным путем) локальное воздействие при соприкосновении со средами, в которых распространяются ультразвуковые колебания (ультразвуковые вибрации).

Высокочастотный ультразвук большой интенсивности приводит в основном к тем же нарушениям, что и низкочастотный при контакте.

Воздействие ультразвуковой энергии  $6 \div 7 \text{ Вт/см}^2$  может приводить к поражению периферического нервного и сосудистого аппарата в месте контакта (например, воздействие на руки в момент загрузки и выгрузки деталей из ультразвуковой ванны).

Характеристикой ультразвуковых колебаний является уровень звукового давления  $L_u$  в третьооктавных полосах с  $f_{ср} = 12,5 \div 100$  кГц.

Согласно ГОСТ 12.1.001-83 допустимые уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать (при  $f_{ср} = 3,15 - 100$  кГц) 110 Дб; при  $f_{ср} = 12,5$  кГц - 80 дБ).

Для ультразвука, передающегося контактным путем нормируется пиковое значение виброскорости.

Защита от ультразвука: 1) дистанционное управление, 2) автоблокировка при выполнении вспомогательных операций (загрузка и выгрузка деталей и т.п.), экранирование источника.

В качестве СИЗ (для рук): рукавицы, перчатки.

### 3.3.8. Инфразвук. Нормирование и защита

Инфразвук - колебания упругой среды с частотой  $f < 20$  Гц.

Распространение инфразвука в воздушной среде происходит на большие расстояния от источника воздействия малого поглощения его энергии. *Мощный источник инфразвука: автомобиль, мчащийся со скоростью  $> 100$  км/час.*

Характеристики - те же, что и ультразвук.

Источники: 1) (механическое происхождение) вентиляторы, поршневые компрессоры, машины и механизмы, работающие с числом оборотов рабочих циклов менее 20 в секунду; 2) движение больших потоков газов или жидкостей (аэродинамическое происхождение).

Действие на человека: ощущение вращения, раскачивание, произвольный поворот глазных яблок, чувство тревоги, страха (вплоть до паники), боль в ушах, нарушение чувства равновесия. Причина: внутренние органы человека имеют собственные частоты  $\sim 6 \div 8$  Гц. Совпадение этих частот с частотами инфразвука приводит к резонансу. При  $L_i \sim 150$  дБ - влияние на органы пищеварения, функции мозга, ритм сердечных сокращений и дыхания  $\rightarrow$  слабость, обмороки, потеря зрения и слуха.

По СН 22-74-80;  $f_{ср} = 2, 4, 8, 16$  Гц - в октавных полосах - не более 105 дБ,  $f = 32$  Гц - не более 102 дБ.

*Большая длина волны позволяет инфразвуку распространяться на десятки тысяч км. Невозможно остановить инфразвук с помощью строительных сооружений.*

Защита: ослабление инфразвука в источнике; устранение причин возникновения;

увеличение частот до  $f > 20$  Гц; СИЗ; мед. профилактика.

### 3.3.9. Вибрация

Вибрация представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Ее можно представить как колебательное движение материальной точки или механической системы.

#### ***Виды вибрации и ее источники***

Источниками вибрации являются механизмы, машины, механизированный инструмент. Вибрации могут быть ***непреднамеренными*** (например, из-за плохой балансировки и центровки вращающихся частей машин и оборудования, пульсирующего движения жидкости, работы перфоратора и т.п.), а также специально используемыми в технологических процессах (отбойные молотки, вибропогружатели свай, вибрационное оборудование для производства железобетонных конструкций, оборудование для ускорения химических реакций и т.п.).

Вибрация – это вредный производственный фактор, отличающийся большой активностью. Вибрационная патология стоит на втором месте среди профессиональных заболеваний. Классификация вибрации связана с особенностями передачи колебаний человеку. В соответствии с этим вибрация подразделяется на общую (воздействие на все тело человека) и локальную (воздействие на отдельные части тела – руки или ноги).

Общая вибрация подразделяется, в свою очередь, по месту возникновения на следующие виды:

***Категория 1 – транспортная вибрация***, воздействующая на оператора на рабочих местах самоходных и прицепных машин и транспортных средств при их движении по местности, в том числе, при строительстве дорог; при этом оператор может в известных пределах регулировать ее величину.

***Категория 2 – транспортно-технологическая вибрация***, воздействующая на человека/оператора на рабочих местах машин с ограниченной подвижностью при перемещении их по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок; при этом оператор может лишь иногда регулировать воздействие вибрации.

***Категория 3а – технологическая вибрация***, воздействующая на оператора на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

***Категория 3б*** – вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом. К ней относится, в частности, вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах на промышленных кранах, у станков металло- и деревообрабатывающих, кузнечно-прессового оборудования, литейных машин и т.п.

***Локальная вибрация*** классифицируется по источнику возникновения и подразделяется на:

- передающуюся от ручных машин (с двигателями), органов ручного управления машин и оборудования;
- передающуюся от ручных инструментов (без двигателей) и обрабатываемых деталей.

Эту классификацию следует иметь в виду при гигиенической оценке локальной вибрации, так как в первом случае санитарно-гигиенические требования и правила

включаются в техническую документацию на машины и оборудование, а во втором – в документацию на технологию проведения работ.

Вибрация рабочих мест операторов носит преимущественно низкочастотный характер с высокими уровнями в октавах **1...8 Гц** и зависит от технологической операции, скорости передвижения, типа сидения, виброзащиты, степени изношенности машины, профиля дорог и т.п. Спектр вибрации в этих случаях – широкополосной (максимум энергии при этом лежит в полосах 1..2 Гц и 4..8 Гц).

На операторов транспортных средств обычно воздействует переменная по уровням и спектрам вибрация, включающая микро- и макропаузы.

Спектры вибраций рабочих мест технологического оборудования носят низко- и средне-частотный характер с максимумом энергии на частотах 4..16 Гц.

### ***Характеристики вибрации***

Вибрация характеризуется следующими величинами:

- частотой  $f$  (Гц)
- амплитудой смещения  $A(t)$  [м]
- скоростью  $V(t)$  [м / сек] (виброскорость)
- ускорением  $w(t)$  [м / сек<sup>2</sup>] (виброускорение)

### ***Действие вибрации на организм человека***

Вибрация опасна как для машинного, так и для человеческого компонента системы «человек - машина». Воздействуя на машинный компонент вибрация чаще всего снижает производительность технических установок, вызывает знакопеременные, приводящие к усталостному разрушению напряжения в конструкциях, снижает точность считываемых показаний приборов и т.п.

При воздействии вибрации на организм важную роль играют анализаторы центральной нервной системы: вестибулярный, кожный и др.

При длительном воздействии вибрации с частотами  $f = 250-350$  Гц возникает профессиональное заболевание под названием **«вибрационная болезнь»**, сопровождающаяся стойкими патологическими нарушениями в организме (поражение мышц, изменения в костях, суставах, смещение органов в брюшной полости).

При частотах  $f \approx 5$  Гц (собственная частота колебаний органов человеческого организма) - возможно повреждение отдельных частей и органов.

Опасными частотами для внутренних органов является диапазон 6...9 Гц, для рук 30...80 Гц.

Активной составляющей воздействия вибрации на организм является **ускорение**. При работе строительных машин и технологических процессов существуют горизонтальные и вертикальные толчки и тряска, сопровождающиеся возникновением периодических импульсных ускорений. При частоте колебаний от 1 до 10 Гц значения предельных ( по ощущениям) ускорений следующие: 10 мм/с – неощутимые, 40 мм/с – слабоощутимые, 400 мм/с – сильно ощутимые, 1000 мм/с – вредные, 4000 мм/с – непереносимые.

Благодаря наличию мягких тканей, костей, суставов, внутренних органов и особенностей конфигурации, **тело человека представляет собой сложную колебательную систему, первичная механическая реакция которой на вибрационное воздействие зависит не только от характеристик интенсивности вибрации, но и от диапазона частот.**

Особенно вредны вибрации с вынужденной частотой, совпадающей с собственной частотой колебаний тела человека или его отдельных органов:

для тела человека – 6..9 Гц,  
головы – 6 Гц,  
желудка – 8 Гц,  
другие органы – в пределах 25 Гц,  
глазные яблоки – 60..90 Гц (расстройства зрительных восприятий).

**Локальная вибрация** приводит к спазму сосудов, начиная с концевых фаланг пальцев до предплечья, плеча, сосудов сердца. Она вызывает также поражение нервов, отложение солей.

### **Нормирование вибрации**

Для санитарного нормирования и контроля вибраций используются средне-квадратичные значения виброскорости  $V$  и виброускорения  $W$ , а также их логарифмические уровни в децибелах  $L_v$  и  $L_w$  (для локальной вибрации - в октавных полосах, для общей в 1/3- октавных). Нормативные значения приведены в ГОСТ 12.1.012-90.

Общая и локальная вибрация нормируются отдельно.

### **Защита от вибрации**

Основными методами защиты от вибрации являются:

- воздействие на источник возбуждения (снижение или ликвидация возбуждающих сил)
- отстройка от режима резонанса (подбор массы  $m$  и жесткости  $g$  колебательной системы)
- вибродемпфирование- увеличение механического импеданса колебательной системы
  - динамические гашения колебаний - присоединения к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта.
  - изменение конструктивных параметров.
  - активная виброзащита - дополнительный источник вибрации в противофазе.
  - виброизоляция - для ослабления вибрации от источника. Установка виброизоляторов - материалов с большим внутренним трением (резина, пробка, войлок, асбест, стальные пружины).

## **3.4. Электромагнитное излучение**

### **3.4.1. Источники и характеристики электромагнитных полей радиочастот.**

Известно, что электромагнитное излучение охватывает все эффекты от радиоволн до рентгеновского излучения и вся внешняя несхожесть этих явлений обусловлена лишь частотой волнового движения (или длиной волны). Говоря о полосе радиочастот мы имеем в виду диапазон от 60 кГц  $10^6$  до 30000 кГц Электромагнитным излучением пронизано все окружающее пространство.

Источниками электромагнитных полей являются - атмосферное электричество, радиоизлучение солнца и галактик, квазистатические, электрические и магнитные поля Земли.

Как в производственной так и в бытовой сфере широко используются



электромагнитные поля, как переменные так и постоянные. Их применяют для индукционной и диэлектрической термообработки различных материалов, очистки полупроводников, выращивания полупроводниковых кристаллов, ионизирования газов, получения плазмы, обработки деталей, поддержания разряда при сварке в инертных газах, для сварки и прессования систематических материалов.

Источниками излучения электромагнитной энергии являются ЛЭП напряжением до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, соединительные шины и вспомогательные устройства (электрические поля промышленной частоты).

Источники постоянных магнитных полей: электромагниты, соленоиды, импульсные установки, литые и металлокерамические магниты.

Электромагнитную энергию излучают мощные радио- и телевизионные станции. В радиоаппаратуре источниками излучения являются блоки передатчиков, устройства сложения мощностей, разделительные фильтры, антенные коммутаторы, антенные системы.

В установках индукционного и диэлектрического нагрева - плавильные или закалочные индукторы, трансформаторы, конденсаторы и т. д.

### 3.4.2. Параметры электромагнитных излучений.

Электромагнитные поля характеризуются следующими параметрами:

- частота излучения  $f$  (Гц)
- напряженность электрического поля  $E \left[ \frac{B}{m} \right]$
- напряженность магнитного поля  $H \left[ \frac{A}{m} \right]$
- плотность потока энергии  $J_{\text{эмп}} \left[ \frac{Bm}{M^2} \right] = [EH]$

**Зоны электромагнитного излучения.** Выделяют три характерные зоны, обуславливающие воздействие ЭМИ на людей и технические устройства.

Зона излучения характеризуется соотношением:

$$R \gg \frac{\lambda}{2\pi} = R_{\text{б.з.}}$$

-настолько больше зависит от излучателя.

$R_{\text{б.з.}} = R \leq \frac{\lambda}{2\pi}$  - Так называемая ближняя зона (зона индукции, в которой бегущая электромагнитная волна еще не сформировалась; электрическое и магнитное поля следует считать независимыми друг от друга - эту зону можно характеризовать как электрической, так и магнитной соответствующими поля).

$R_{\text{п.з.}} = R_{\text{д.з.}}^H - R_{\text{б.з.}}^K$  - промежуточная зона, или зона интерференции

Для ближней зоны и зоны интерференции используются соответствующие формулы, связывающие напряженность поля и плотность потока энергии.

Эти зависимости используются для выбора защиты, расчета экранов.

### 3.4.3. Воздействие электромагнитных полей на организм человека

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от:

1. Напряженности электрического и магнитного полей, потока энергии.
2. Частоты колебаний.
3. Размера облучаемой поверхности тела.
4. Индивидуальных особенностей организма.
5. Комбинированным действиям совместно с другими факторами

производственной среды:

Воздействие электромагнитного поля на человека можно свести к:

1. Тепловому действию
2. Специфическому действию на ткани человека как биологические объекты.

Механизм воздействия электромагнитного поля следующий (поглощение энергии поля тканями тела человека). В электрическом поле атомы и молекулы тканей организма поляризуются, а полярные молекулы (например, воды) ориентируются по направлению распространения электромагнитного поля. Таким образом, в электролитах (жидких составляющих тканей, крови и т.п.) появляются ионные токи. Переменное электрическое поле вызывает нагрев тканей человека как за счет переменной поляризации диэлектрика (сухожилия, хрящи и т.д.), так и за счет появления токов проводимости. Тепловой эффект является следствием поглощения тканями энергии электромагнитного поля. Чем больше напряженность поля и время действия, тем сильнее эффект. До определенного предела избыточная теплота отводится за счет нагружения механизма терморегуляции. Но затем организм перестает справляться с отдачей теплоты и температура тела повышается. При этом наблюдается локально изображенный нагрев тканей, отдельных органов и клеток. Дело в том, что электромагнитные поля наиболее интенсивно действуют на органы с большим содержанием воды. Зачастую эти же органы обладают и слабой терморегуляцией (глаза, хрусталик глаза, мозг, почки, желчный пузырь, желудок), так что для них электромагнитные поля наиболее опасны. Например, облучение глаз вызывает помутнение хрусталика (катаракту), которая обнаруживается через несколько дней или недель после облучения. Именно установленная величина теплового порога, была взята за основу американскими компетентными ведомствами, устанавливавшими нормы для работы с СВЧ-излучением (обслуживание радаров и других систем). При меньших плотностях излучения - время работы было не ограничено.

Специфическое воздействие электромагнитных полей сказывается при интенсивности поля значительно меньше теплового порога. Электромагнитные поля изменяют ориентацию молекулы или цепей молекул в соответствии с направлением силовых линий поля, тем самым ослабляют биохимическую активность белковых молекул, приводят к изменению структуры клеток крови, ее состава, эндокринной системы, к трофическим заболеваниям (например, выпадение волос, ломкость ногтей и др.). Встречается при этом и специфическое кожное заболевание «Эффект жемчужной нити» (появление на коже ряда последовательно расположенных пузырьков, наполненных жидкостью).

Воздействие электромагнитных полей может также приводить к функциональным изменениям в нервной и сердечно-сосудистой системах (повышенная утомляемость, нарушения сна, артериального давления, боли в области сердца, нервно-психические расстройства, а также онкозаболевания, нарушение репродуктивной способности (влияние на сперматогенез).

При расстоянии от человека до источника  $< \lambda$  необходим другой подход к опасности облучения, так как при этом возникают поверхностные токи на отдельных

участках кожи человека. Это может привести к местному перегреву ткани, а также вызвать хронический тепловой эффект, который приводит к тератогенной опасности. Это в значительной степени относится, например, к химической промышленности, производящей изделия из пластмасс, где большинство рабочих - женщины.

Что касается полей промышленной частоты, то напряженность магнитного поля здесь не превышает 25, а вредное биологическое действие (установленное современными методами исследования) появляется при напряженностях 150-200. Поэтому основным параметром, характеризующим биологическое действие электромагнитного поля промышленной частоты является электрическая напряженность. Электрическое поле влияет непосредственно на ЦНС и на мозг, боли в сердце, изменение кровяного давления. Кроме того, электрическое поле обуславливает возникновение разряда между человеком и металлическим предметом, имеющим другой потенциал. Ток разряда может вызвать судороги.

Длительное воздействие ЭМВ на организм людей, живущих вблизи источника ЭМВ, может привести к возникновению болезни. У лиц, систематически в течение 1 - 10 лет подвергавшихся воздействию ЭМВ метрового диапазона (УВЧ) обнаружили не резко выраженные функциональные расстройства центральной нервной системы в виде вегетативно-сосудистой дисфункции и неврастенического синдрома.

#### 3.4.4. Нормирование электромагнитных излучений

Оценка воздействия ЭМИ радиочастот на человека согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 осуществляется по следующим параметрам:

**По энергетической экспозиции**, которая определяется интенсивностью ЭМИ и временем воздействия на человека. оценка по энергетической экспозиции применяется для лиц, работа и обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния ЭМИ радиочастот (кроме лиц до 18 лет и беременных женщин) при условии прохождения этими лицами в установленном порядке предварительных и периодических медицинских осмотров и получении положительного заключения по данным осмотра.

**По значениям интенсивности ЭМИ радиочастот**; такая оценка применяется для лиц, работа и обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ, для лиц, не проходящих медицинских осмотров, или же при наличии отрицательного заключения по результатам медосмотра по данному фактору, для работающих и учащихся, не достигших 18-летнего возраста, беременных женщин, для лиц, находящихся в жилых и общественных помещениях, подвергающихся действию внешнего ЭМИ радиочастот (кроме зданий и помещений передающих радиотехнических объектов), для лиц, находящихся на территории жилой застройки и в местах массового отдыха.

Энергетическая нагрузка, представляющая собой суммарный поток энергии, проходящий через единицу площади  $\dot{E}H = J \cdot T$ , или  $\dot{E}H = PP \cdot T$ , где  $PP$  - плотность потока энергии (обозначение  $J$  в нормативных документах)

Опасность действия электромагнитного поля на человека оценивается:

■ в диапазоне 60 кГц - 300 МГц – значениями напряженности  $E$  и  $H$ , энергетическая экспозиция по электрической и магнитной составляющей определяется как

$$\dot{E}E = E^2 T [\text{В/м} \cdot \text{ч}],$$

$$\mathcal{E}\mathcal{E}_H = H^2 T [\text{А/м}\cdot\text{ч}]$$

■ в диапазоне 300 МГц - 300 ГГц интенсивность определяется ППЭ (поверхностной плотностью потока энергии излучения) и ЭН (энергетической нагрузкой)

Напряженность ЭМП в диапазоне частот 60 Гц - 300 МГц на рабочих местах персонала в течение рабочего дня не должна превышать установленных ПДУ.

#### **Нормирование постоянных магнитных полей**

Для электромагнитной и промышленной частоты нормы допустимых уровней напряженностей электрических полей зависят от времени пребывания в зоне. Для каждого Е - свое дополнительное время Т. При 8-ми часовом рабочем режиме  $E_{\text{доп}} = 5$  кВ/м.

**Нормирование ЭМП промышленной частоты.** Излучение ЭМП токов промышленной частоты относится к области таких частот зоны индукции, распространяющейся на сотни километров. Таким образом, здесь магнитное и электрическое составляющие поля должны учитываться отдельно. Но неблагоприятные воздействия магнитного поля (по данным на сегодняшний день) проявляются при напряженности А магнитного поля -  $160 \div 200$  А/м. Практически при обслуживании даже мощных установок  $A \leq 20 \div 25$  А/м. Поэтому для ЭМП промышленной частоты учитывается только величина Е (напряженность электрического поля). В зависимости от значения Е устанавливается время Т допустимого пребывания работающего в зоне электрических полей:

$$\begin{aligned} & 8 \text{ час. При } E \leq 5 \text{ кВ} \\ T = & \frac{50}{E} - 2 \text{ при } E = 5 \div 20 \text{ кВ} \\ & \leq 10 \text{ мин. при } E = 20 \div 25 \text{ кВ} \end{aligned}$$

Если в рабочей зоне имеются различные значения напряженности, то время пребывания персонала в рабочей зоне будет определяться по формуле:

$$T_{\text{пр}} = 8 \left( \frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{t_{En}}{T_{En}} \right),$$

где  $t_{Ei}$  - фактическая, а  $T_{Ei}$  - допустимое время пребывания в зоне с напряженностью электрического поля.

#### **3.4.5. Защита от электромагнитных излучений**

Для защиты человека от воздействия ЭМП предусматриваются следующие способы и средства:

1) уменьшение параметров излучения в самом источнике (защита количеством, поглотители мощности из поглощающих материалов - резина, полистирол, чистый графит, аттенюаторы постоянного затухания из диэлектриков с металлической сеткой). Уменьшение параметров излучения непосредственно в самом источнике достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности. Так в качестве нагрузки генератора вместо открытых излучателей применяют **поглотители мощности** (эквивалент антенны и нагрузки), представляет собой коаксиальные или волноводные линии, частично заполненные поглощающими материалами (чистым

графитом или в смеси с цементом, песком и резиной, пластмассами, порошковым железом, керамикой, деревом, водой и т.д.). из диэлектрика, покрытого тонкой механической пленкой.

2) экранирование источника излучения, экранирование рабочего места. Экранирование источников используется для ослабления интенсивности излучения. Это непроницаемые или слабопроницаемые преграды. Могут быть замкнутыми, то есть полностью изолирующими излучающие устройства или защищаемый объект, или незамкнутыми. Формы и размеры экрана определяются условиями. По физическому действию экраны бывают: 1) Отражающие (из хорошо проводящих металлов: меди, латуни, алюминия, стали). Защитное действие обусловлено тем, что экранируемое поле создает в экране токи Фуко, наводящие вторичное поле, по амплитуде почти равное, а по фазе противоположное экранируемому полю. Результирующее поле, в экране быстро убывает, проникая на небольшую величину. Обычно толщина экрана  $\geq 0,5$  мм. Следует помнить, что определенные радиочастоты могут возбуждать в экране высокочастотные токи, которые усилят поле излучения в экранированной зоне. 2) Поглощающие - из плохо проводящих материалов (резина прессованная и пористая) накапливаются на каркас или поверхность излучаемого оборудования

3) выделение зон излучения (зонирование), применение сигнализации (сигнальные цвета и знаки).

4) установление рациональных режимов эксплуатации установок и режима работы персонала, применение сигнализации (световой, звуковой)

5) СЗЗ - защитные халаты от СВЧ из ткани «Щит» - вискоза с наполнением, очки с металлизированными стеклами (двуокись олова)

6) защита расстоянием (увеличение расстояния между источником и рабочим местом)- для дальней зоны - кроме ближней зоны, где ППЭ не зависит от расстояния  
защита временем (ограничение времени пребывания персонала в рабочей зоне)

### 3.5. Электробезопасность

**Электробезопасность** - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромеханического тока и статического электричества

#### 3.5.1. Воздействие электрического тока на организм

Проходя через тело человека электрический ток оказывает на него сложное воздействие, вызывая:

- а) термическое действие
- б) электролитическое
- в) механическое
- г) биологическое

Любое из перечисленных воздействий тока может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги (ГОСТ 12.1.009-76).

Воздействие тока на человека подразделяется на местные и общие электротравмы.

#### ***А. Местные электротравмы:***

- электрический ожог, перегрев внутренних органов;
- электрические знаки;
- металлизация кожи частицами расплавившегося под действием электрической дуги металла;
- механические повреждения, вызванные непроизвольными сокращениями мышц под действием тока (редко).

***Б. Общие электротравмы*** (электрический удар) - из-за нарушения нормальной деятельности отдельных жизненно важных органов (например, при фибрилляции сердца) поражается весь организм. Иногда сочетаются оба вида, но возможное смертельное поражение без видимых местных травм.

**Электрический удар** - это процесс возбуждения живых тканей организма электрическим током, сопровождающийся судорожным сокращением мышц.

Исход электротравмы или электрического удара зависит от следующих факторов:

- 1) характера тока (постоянный, переменный, выпрямленный);
- 2) его силы;
- 3) длительности;
- 4) пути прохождения тока (рука-рука, рука-нога, нога-нога), место прикосновения (напр. в акупунктурных точках).
- 5) состояния первичной системы;
- 6) определенной среды (неблагоприятные факторы - повышенная температура, пониженное давление).
- 7) индивидуальные особенности человека, состояние его в данный момент времени (расслабление или напряжение, алкоголь, утомление, заболевание щитовидной железы).

Следует отметить, что *длительность протекания тока является весьма важным фактором, определяющим исход поражения, поскольку с течением времени резко возрастает сила тока вследствие уменьшения сопротивления тела* (см. ниже), а также вследствие кумулятивного действия тока. Увеличение силы тока приводит к качественным изменениям его воздействия на организм. При этом выделяются три основные реакции:

- 1) ощущение;
- 2) судорожное сокращение мышц;
- 3) фибрилляция сердца.

**Критические значения тока.** Существуют критические значения сетевого переменного тока, принятые на основе указанных выше основных реакций организма:

**0,6-1,5 мА** - ток начала ощущения (в точках прикосновения);

**10-20 мА** - порог неотпускающего тока, т.е. тока, вызывающего судорожное сокращение мышц; человек в этом случае не может сам освободиться от действия тока, например, разжать пальцы;

**100 мА** - ток фибрилляции сердца, т.е. явления беспорядочного сокращения волокон сердечной мышцы, вызывающего остановку сердца.

При токе **5 А** и более происходит асфиксия - удушье, вызванное рефлекторным спазмом голосовой щели.

#### **3.5.2. Электрическое сопротивление тела человека**

Основной фактор, определяющий сопротивление тела человека  $R_h$  это кожа, ее

роговой слой (нет кровеносных сосудов, большое удельное сопротивление  $\rho \sim 10 \frac{6\Omega}{\text{см}}$ ).

Этот плохо проводящий ток наружный слой кожи, прилегающий к электроду при контакте и внутренняя ткань под этим слоем можно представить как 2 обкладки конденсатора с емкостью  $C_m$  сопротивлением изоляции  $\iota_n$ . С ростом площади контакта  $\iota_n$  уменьшается, а  $C$  увеличивается. Таким образом, полное сопротивление кожи  $\iota_k$  уменьшается.

Между током, протекающим через тело человека и вызвавшим его напряжением, существует нелинейная зависимость, обусловленная нелинейностью  $R_h = f(U)$ .

Уже при  $U \sim 40 \div 45\text{В}$  в наружном слое кожи возникают значительные напряженности электрического поля, при которых происходит пробой наружного слоя, что снижает полное сопротивление человека

В практических расчетах по электробезопасности с учетом наиболее неблагоприятных условий принимают  $R_h = 1000 \text{ Ом}$ .

Основные причины поражения электрическим током можно свести к следующим:

- 1) случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- 2) появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
- 3) появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.п. в результате повреждения изоляции или других причин);
- 4) появление шагового напряжения в результате замыкания провода на землю.

### 3.5.3. Виды электрических сетей.

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) разрешается эксплуатировать два вида трехфазных электрических сетей (рисунок 9):

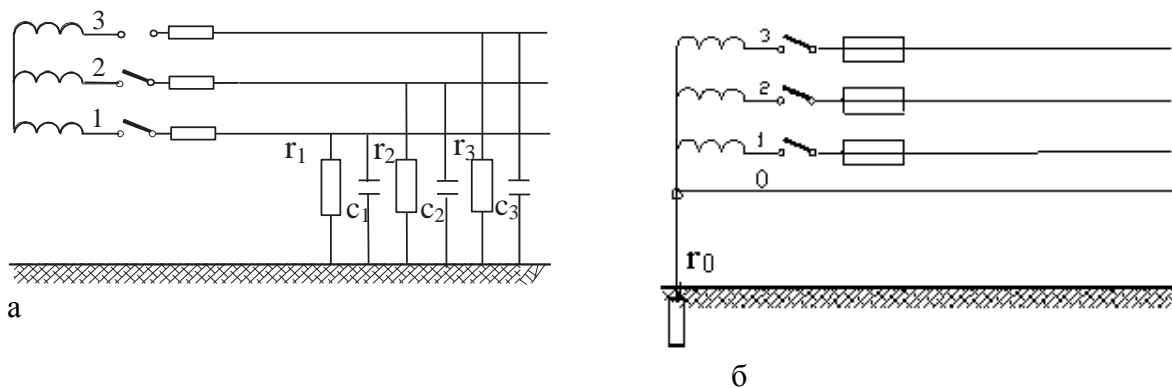


Рис. 9

- а) трехпроводные с изолированной нейтралью;
- б) четырехпроводные с глухозаземленной нейтралью.

Трехпроводные сети с заземленной нейтралью и четырехпроводные с изолированной запрещены, как не обеспечивающие безопасности в аварийных режимах: первые - при замыкании фазы на корпус оборудования, у вторых нулевой провод при замыкании фазы на землю оказывается под напряжением фазы.

**Схемы прикосновения человека к сети.** Возможны два варианта прикосновения человека к сети: между двумя фазами - двухфазное и между фазой и нулевой точкой - однофазное (рисунок 10). По сути речь идет о *включении* человека в электрическую цепь, так как само по себе прикосновение становится опасным, если человек становится как бы элементом электрической цепи, обладающим определенным сопротивлением и пропускающим через себя ток определенной величины.

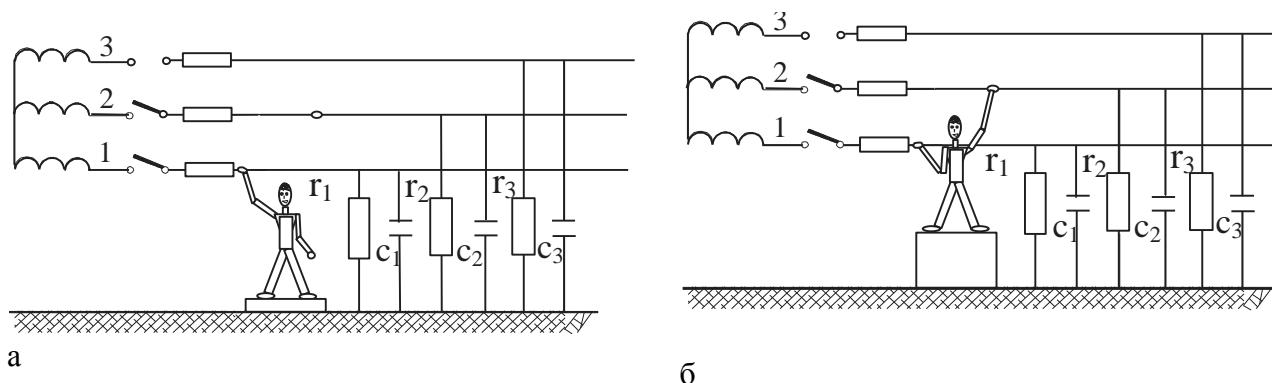


Рис. 10 - Схемы прикосновения человека к сети: а - однофазное, б - двухфазное

Двухфазное включение, как правило, более опасно, поскольку к человеку непосредственно прикладывается наибольшее напряжение сети - линейное, а ток зависит только от сопротивления организма и имеет наибольшее значение  $I_h$ , А.

$$I_h = \frac{U_{\phi} \sqrt{3}}{R_h} = \frac{U_l}{R_h}$$

где  $U_{\phi}$  - фазное,  $U_l$  - линейное напряжение сети,  $R_h$  - сопротивление организма человека. В расчетах принимают  $R_h = 1$  кОм.

Однофазное включение является менее опасным, чем двухфазное, поскольку ток через человека ограничивается сопротивлением обуви и пола, а также сопротивлением изоляции фазных проводов, *однако вероятность однофазных прикосновений на порядок выше*. Поэтому однофазное включение является основной схемой, вызывающей поражение людей током в сетях любого напряжения.

**Напряжение прикосновения.** Напряжением прикосновения  $U_{пр}$  [В] называется разность потенциалов между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, или, другими словами, падение напряжения на сопротивлении тела человека  $R_h$ . Если пренебречь сопротивлением обуви и основания, на котором стоит человек, то  $U_{пр} = I_h \cdot R_h$ , где  $I_h$  - ток, проходящий через человека.

В устройствах защитных заземлений, занулений и т.п. одна из этих точек имеет потенциал заземлителя  $\varphi_3$ , а другая - потенциал основания  $\varphi_{ос}$ . Тогда

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{ос} = \varphi_3 \left( 1 - \frac{\varphi_{ос}}{\varphi_3} \right) \text{ или } U_{пр} = \varphi_3 \cdot \alpha,$$

где  $\alpha$  - коэффициент напряжения прикосновения.



$$\alpha = 1 - \frac{\varphi_{oc}}{\varphi_3} \leq 1.$$

В зависимости от расстояния человека до заземлителя коэффициент напряжения прикосновения может принимать значения  $0,1 \div 1$ , однако в реальных условиях он близок к единице, поэтому в расчетах для одиночных заземлителей принимается  $\alpha = 1$ .

Из рисунка 11 видно, что из двух случаев расположения заземлителей случай I оказывается более опасным, так как напряжение прикосновения получается более высоким ( $U_{пр1} > U_{пр2}$ ). Наиболее опасным будет прикосновение, когда человек находится на расстоянии  $\geq 20$  м от заземлителя.

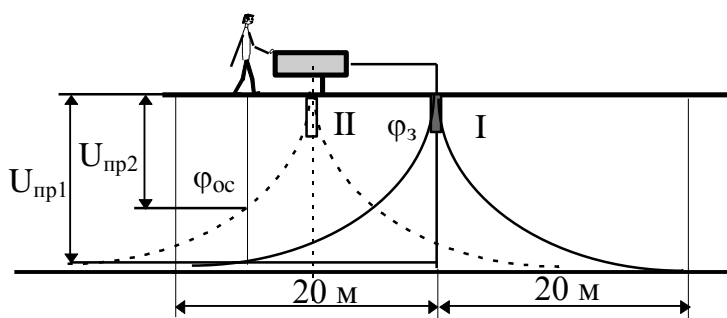


Рис. 11

**Напряжение шага.** Напряжением шага называется напряжение между двумя точками на поверхности грунта, находящимися одна от другой на расстоянии шага, которое принимается равным 0,8 м (рисунок 12),

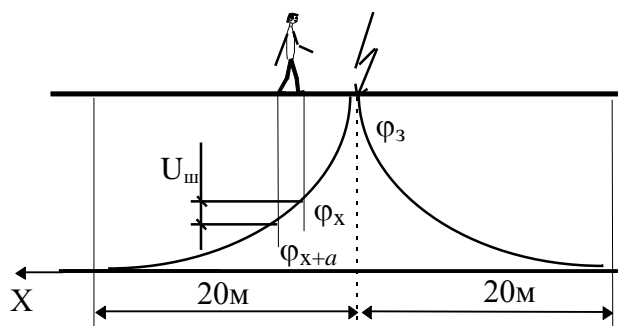


Рисунок 12

$$U_{ш} = I_{ш} \cdot R_{ch},$$

где  $I_{ш}$  - ток, проходящий по пути “нога-нога”,  $R_{ch}$  - сопротивление цепи “человек-земля”. Если выразить напряжение шага через разность потенциалов, имеем:

$$U_{ш} = \varphi_3 \cdot \beta$$

Коэффициент  $\beta$  называется **коэффициентом напряжения шага** (коэффициентом шага) и учитывает

форму потенциальной кривой. Значения  $\beta$  лежат в диапазоне  $0,15 \div 0,6$ .

Напряжение шага зависит, таким образом, от величины потенциала в точке заземления, формы заземлителя и сопротивления грунта. Однако на практике часто говорят о шаговом напряжении между условными точками поверхности, которых касаются ноги человека (а иногда, в случае его падения руки и ноги), расстояние между ними не обязательно 0,8 м. Вот почему, оказавшись в зоне растекания тока, выходить из нее следует, осторожно передвигаясь как можно более мелкими шажками или прыжками «ноги вместе».

Коэффициент напряжения шага играет большую роль в понимании механизма действия защитного заземления.

### 3.5.4. Технические средства защиты в электроустановках

Для защиты от поражения электрическим током применяются следующие технические средства защиты:

- применение малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- изоляция;
- защитное заземление, зануление, отключение;
- применение СИЗ.

**Малое напряжение** – напряжение не более 42 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током. Наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях до 10 В, при которых значения тока не превышают 1 – 1,5 мА. Применение на практике – шахтерские лампы (2,5В); бытовые приборы (фонари, игрушки); на производстве – ручные электролампы, электроинструмент и т.п. (12 и 36 В).

**Электрическое разделение сетей.** Разветвленная электрическая сеть большой протяженности имеет значительную емкость и небольшое сопротивление изоляции фаз относительно земли. В этом случае сеть разделяется с помощью трансформаторов на ряд небольших сетей такого же напряжения, которые будут обладать небольшой емкостью и высоким сопротивлением изоляции, что резко снижает опасность поражения током.

**Изоляция** – слой диэлектрика, которым покрывают поверхность токоведущих элементов, или конструкция из непроводящего материала, с помощью которой токоведущие элементы отделяются от других частей электроустановки. Смысл изоляции, как защитной меры заключается в ограничении значения силы тока, протекающего через тело человека при различных обстоятельствах. Состояние изоляции зависит от:

- материала изоляции;
- конструкции ЭУ;
- условий производственной среды (t-ра, влажность, пыль, пары).

Качество изоляции характеризуется сопротивлением току утечки ( $\leq 0,001$  А). Для контроля состояния электрической изоляции проводят периодические испытания изоляции. Существуют также приборы непрерывного контроля изоляции. При снижении сопротивления ниже 0,5 мОм подается световой сигнал.

**Защитное заземление** - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей.

Защитное заземление применяется:

- в сетях напряжением до 1000 В - трехфазных с изолированной нейтралью, однофазных, изолированных от земли, сетях постоянного тока с изолированной от земли обмоткой источника;
- в сетях напряжением выше 1000 В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали или соседней точки обмоток источника тока.

Защитное заземление состоит из заземлителей, соединенных между собой металлическими шинами, и заземляющих проводников, которыми присоединяется заземляемое оборудование.

Принцип действия защитного заземления – уменьшение напряжения прикосновения при замыкании на корпус за счет уменьшения потенциала корпуса электроустановки и подъема потенциала основания, на котором стоит человек до потенциала, близкого по значению к потенциалу заземленной установки.

Защитное заземление следует отличать от рабочего. Рабочим заземлением называют соединение отдельных точек электрической сети с заземляющим устройством. Оно предназначено для нормальной работы электроустановки и для защиты от повреждения в аварийном режиме. Примером рабочего заземления является заземление нейтрали источника ( $r_o$  на рисунке 1.1).

По конструкции заземления могут быть выносными ( $r_3$  на рисунке 13) и контурными (рисунок 14).

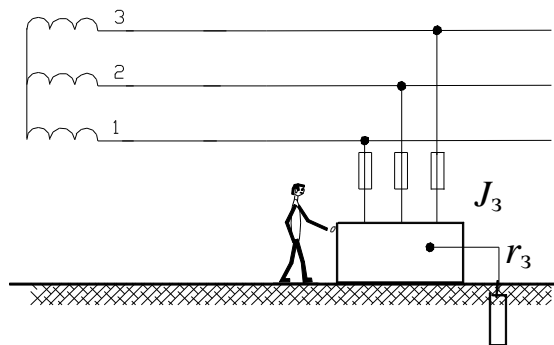


Рисунок 13 - Выносное заземление

Выносное заземление обеспечивает защиту человека путем снижения потенциала корпуса до величины

$$U_3 = I_3 r_3,$$

где  $I_3$  - ток замыкания через заземлитель,  $r_3$  - сопротивление защитного заземления, Ом.

Поскольку заземлитель в случае выносного заземления расположен чаще всего на расстоянии более 20 м от возможного места прикосновения к корпусу, коэффициент  $\alpha$  у выносных заземлений равен единице. Таким

образом, *выносные заземления защищают только благодаря малому значению  $r_3$  при условии малых токов замыкания (не более 10 А), которые имеют место в сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.* При допустимом значении  $r_3 \leq 4$  Ом выносное заземление обеспечивает в самом неблагоприятном случае замыкания малое напряжение  $U_3$  на корпусе:  $U_3 = I_3 r_3 = 10 \cdot 4 = 40 В$ .

Таблица 2 - Максимальные допустимые значения сопротивления заземления

Вид заземлений	Допустимое сопротивление заземления, Ом	
	$P > 100$ кВА	$P \leq 100$ кВА
Рабочие заземления нейтрали	4	10
Защитное заземление	4	10
Защитное заземление при больших токах замыкания на землю ( $\geq 500$ А)	0,5	
Повторное заземление нулевого провода	10	30

Достоинство выносных заземлений - возможность выбора места с минимальным сопротивлением грунта. Недостаток - удаленность от защищаемого оборудования, ограниченность защитных свойств.

При напряжении свыше 1000 В токи замыкания на землю могут превышать 500 А. В этом случае выносное заземление может не обеспечивать безопасности. При больших токах замыкания на землю применяются контурные заземления. В отличие от выносного заземления, которое защищает путем снижения потенциала корпуса до безопасной величины, *контурное заземление защищает человека путем увеличения потенциала защищаемой площадки до уровня, близкого потенциалу корпуса, и выравнивает потенциал площади так, что на всей защищаемой территории напряжение прикосновения и шага не превышает заданной величины* (рисунок 14).

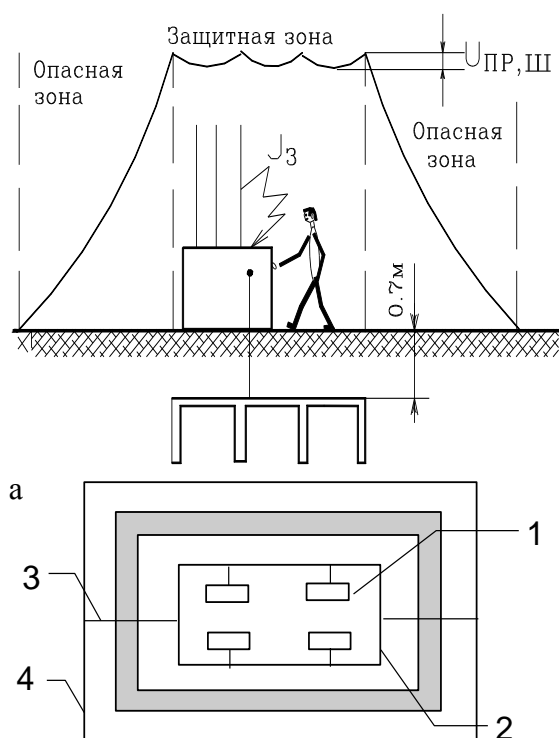
Значение тока, проходящего через человека, попавшего под шаговое

напряжение, определяется по формуле

$$I_{hш} = I_3 \frac{r_3}{R_{ch}} \beta,$$

где  $\beta$  - коэффициент шаговых напряжений.

Зануление (в трехфазных 4-х проводных сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью) – преднамеренное эл. соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей установок, которые могут оказаться под напряжением.



б

- 1 - электроустановка;
- 2 - внутренний контур;
- 3 - шина заземления;
- 4 - внешний контур

Рисунок 14 - Контурное заземление

Зануление (рис. 15) создает путь малого сопротивления для тока замыкания на корпус и превращает его в ток короткого замыкания, способный вызвать быстрое перегорание плавких предохранителей или срабатывание автоматических выключателей. Так осуществляется селективное отключение поврежденных объектов от сети. Кроме того, благодаря применению повторного заземления нулевого проводника зануление частично снижает потенциал корпуса относительно земли в момент

замыкания.

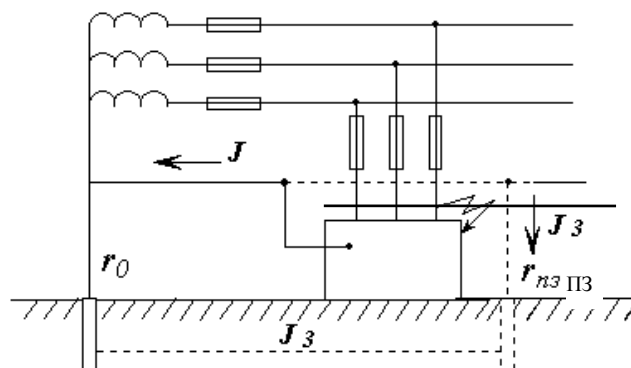


Рисунок 15 - Зануление электроустановки

**Защитное отключение** - быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение ЭУ при возникновении опасности поражения током, а именно:

- при замыкании фазы на корпус электрооборудования;
- при снижении сопротивления изоляции фаз относительно земли ниже определенного предела
- появление в сети более высокого напряжения;
- прикосновение человека к токоведущей части под напряжением.

При этом в сети происходит изменение некоторых электрических параметров: например  $U_{\text{корпуса}}$  относительно земли и т.п. Изменение этих параметров до определенного предела (при котором возникает опасность) может служить импульсом, вызывающим срабатывание защитно-отключающего устройства.

Устройство защитного отключения (УЗО) применяются в случаях, когда другие средства защиты (заземление, зануление) неэффективны, ненадежны или трудноосуществимы.

УЗО должны обеспечивать отключение неисправности ЭУ за  $t \leq 0,2\text{с}$ .

Основные части УЗО -

- 1) прибор защитного отключения;
- 2) автоматический выключатель.

Прибор защитного отключения - совокупность элементов, которые реагируют на изменение какого-либо параметра сети и дают сигнал на отключение.

### 3.6. Ионизирующее излучение

Ионизирующие излучения (ИИ) – это излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию зарядов противоположных знаков. Другими словами, ИИ при взаимодействии с веществом способны создавать в нем заряженные атомы и молекулы – ионы. Возникает ионизирующее излучение при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, а также при взаимодействии заряженных частиц, нейтронов, фотонного (электромагнитного) излучения с веществом.

Практически в первые же годы после открытия ионизирующего излучения исследователи столкнулись с его отрицательными эффектами. В 1895 г. помощник Рентгена В. Груббе получил радиационный ожог рук при работе с рентгеновскими лучами, а А. Беккерель, открывший радиоактивность, положил однажды в карман

пробирку с радием и получил сильный ожог кожи. Мария Кюри, с именем которой мы связываем начало научных исследований радиоактивности и становление ядерной физики, как считается умерла от одного из злокачественных заболеваний крови, явившегося последствием длительного облучения.

Крупнейшие специалисты, обеспокоенные вредным воздействием ионизирующих излучений, в **конце 20-х годов создали Международную Комиссию по радиационной защите (МКРЗ)**, которая разрабатывала и продолжает разрабатывать правило работы с радиоактивными веществами. На основе рекомендаций МКРЗ национальные эксперты разрабатывают национальные нормативы в своих странах.

В начале 50-х годов, когда мир уже знал о последствиях атомных бомбардировок японских городов, когда ядерные державы проводили испытания ядерного оружия в атмосфере мировая общественность стала проявлять беспокойство по поводу воздействия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду. **Тогда, в 1955 г. Генеральная Ассамблея ООН основала Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР) → (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR).** Он занимается изучением действия радиации, независимо от ее источника на окружающую среду и население. Он не устанавливает норм радиационной безопасности, не дает рекомендаций, не изыскивает средств защиты, а служит источником сведений, на основе которых МКРЗ и национальные комиссии вырабатывают соответствующие нормы и рекомендации (в России – Санкт Петербургский МИИ радиационной гигиены).

### 3.6.1. Краткая характеристика различных видов ИИ

#### **а) Корпускулярное излучение.**

1) **Альфа-излучение** представляет собой поток ядер гелия, испускаемых веществом при радиоактивном распаде или при ядерных реакциях. Энергия частиц – несколько МэВ. Пробег  $\alpha$ -частиц в воздухе достигает 8-9 см, а в живой ткани – несколько десятков микрометров.

Обладая сравнительно большой массой  $\alpha$ -частицы быстро теряют свою энергию при взаимодействии с веществом, что обуславливает их низкую проникающую способность и высокую ионизирующую способность (на 1 см пути в воздухе – несколько десятков тыс. пар ионов).

2) **Бета-излучение** – поток электронов или позитронов, возникающих при радиоактивном распаде. Энергия – до нескольких МэВ. Максимальный пробег в воздухе – 1800 см, в живых тканях – 2,5 см. Ионизирующая способность  $\beta$ -излучения на три порядка (до нескольких десятков пар ионов на 1 см) ниже чем у  $\alpha$ -частиц, а проникающая способность выше, т. к. при одинаковой с  $\alpha$ -частицами энергии они обладают значительно меньшей массой и зарядом.

3) **Нейтронное излучение.** Нейтроны преобразуют свою энергию в т. н. упругих и неупругих взаимодействиях с ядрами атомов.

При упругих взаимодействиях происходит обычная ионизация вещества.

При неупругих взаимодействиях возникает вторичное излучение, которое может состоять как из заряженных частиц, так и  $\gamma$ -квантов (гамма-излучение).

Проникающая способность нейтронов существенно зависит от их энергии и состава атомов вещества, с которым они взаимодействуют.

### б) Электромагнитное излучение.

1) **Рентгеновское излучение** – возникает в среде, окружающей источник  $\beta$ -излучения, в рентгеновских трубках, ускорителях электронов, электронно-лучевых трубках и т. п. Оно представляет собой совокупность тормозного и характеристического излучения.

*Тормозное излучение* – фотонное излучение с непрерывным спектром, испускаемое при изменении кинетической энергии заряженных частиц.

*Характеристическое излучение* – это фотонное излучение с дискретным спектром, испускаемое при изменении энергетического состояния атома.

Энергия фотонов рентгеновского излучения составляет  $\leq 1$  МэВ. Оно обладает малой ионизирующей способностью, но большой проникающей способностью.

2) **Гамма-излучение** – это электромагнитное (фотонное) излучение, испускаемое при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Его энергия находится в пределах  $0,01 \div 3$  МэВ. Длины волн  $\gamma$ -излучения меньше, чем длины волн рентгеновского излучения. Поскольку с уменьшением длины волны проникающая способность излучения возрастает,  $\gamma$ -излучение обладает весьма высокой проникающей способностью. Ионизирующая способность его, соответственно, мала.

#### 3.6.2. Единицы активности и дозы ионизирующих излучений

**Активность (A) радиоактивного вещества** – число спонтанных ядерных превращений (dN) в этом веществе за малый промежуток времени (dt):

$$A = \frac{dN}{dt} \quad [\text{Бк}].$$

1 Бк (беккерель) равен одному ядерному превращению в секунду. В литературе, изданной до 1996 года часто встречается прежняя (внесистемная) единица – Кюри (Ки):  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

**Экспозиционная доза** (характеризует источник излучения по эффекту ионизации):

$$X = \frac{dQ}{dm} \left[ \frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \right], \quad [\text{Р}],$$

где dQ – полный заряд ионов одного знака, возникающий в воздухе в данной точке пространства при полном торможении всех вторичных электронов, которые были образованы фотонами в малом объеме (dm) воздуха.

Экспозиционная доза на рабочем месте при работе с радиоактивными веществами:

$$X = \frac{A \cdot K_{\gamma} \cdot t}{r^2},$$

где A – активность источника [мКи],  $K_{\gamma}$  – гамма-постоянная изотопа [ $\text{Р} \cdot \text{см}^2 / (\text{ч} \cdot \text{мКи})$ ] – из справочника, t – время облучения, r – расстояние от источника до рабочего места [см].

При дозиметрическом контроле используется также **мощность экспозиционной**

$$\text{дозы } P = \frac{dX}{dt} \quad [\text{Р} \cdot \text{ч}^{-1}].$$

**Поглощенная доза** это фундаментальная дозиметрическая величина, определяемая по формуле:

$$D = \frac{dE}{dm}.$$

Здесь  $dE$  – средняя энергия, переданная излучением веществу в некотором элементарном объеме,  $dm$  – масса вещества в этом объеме.

В системе СИ поглощенная доза измеряется в  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$  и имеет специальное название **грей** (Гр). Ранее широко использовалась внесистемная единица «рад», поэтому следует помнить соотношение между этими единицами:

Величина поглощенной дозы зависит от свойств излучения и поглощающей среды. Поглощенная доза связана с экспозиционной дозой соотношением

$$D_{\text{погл.}} = D_{\text{эксп.}} \cdot K_1,$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий вид облучаемого вещества (воздух, вода и т. п.), т. е. учитывающий *отношение энергии, поглощаемой данным веществом, к электрическому заряду ионов, образованных в воздухе такой же массы*. При экспозиционной дозе в 1 Р энергия  $\gamma$ -излучения, расходуемая на ионизацию 1 г воздуха равна 0,87 рад, т. е. для воздуха

$$K_1 = 0,87 \frac{\text{рад}}{\text{Р}} = 0,87 \cdot 0,01 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{Р}} = 0,87 \cdot 0,01 \frac{\text{Гр}}{\text{Р}}.$$

В человеческом организме:

- для воды  $K_1 = 0,887 \dots 0,975 \text{ рад/Р}$ ,
- для мышц  $K_1 = 0,933 \dots 0,972 \text{ рад/Р}$ ,
- для костей  $K_1 = 1,03 \dots 1,74 \text{ рад/Р}$ .

В целом для организма человека при облучении от  $\gamma$ -источника коэффициент

$$K_1 = 1 \frac{\text{рад}}{\text{Р}} = 0,01 \frac{\text{Гр}}{\text{Р}}.$$

В условиях электронного равновесия экспозиционной дозе 1 Р соответствует поглощенная доза 0,88 рад.

В дозиметрической практике часто сравнивают радиоактивные препараты по их  $\gamma$ -излучению. Если два препарата при тождественных условиях измерения создают одну и ту же мощность экспозиционной дозы, то говорят, что они имеют одинаковый  $\gamma$ -эквивалент.

**Гамма-эквивалент  $mRa$**  источника – условная масса точечного источника  $^{226}\text{Ra}$ , создающего на некотором расстоянии такую же мощность экспозиционной дозы как и данный источник. Единица – **1кг-экв Ra**.

В связи с тем, что одинаковая доза различных видов излучения вызывает в живом организме различное биологическое действие, введено понятие **эквивалентной дозы**.

Поглощенная доза не учитывает того, что при одинаковой поглощенной энергии  $\alpha$ -излучение, например, гораздо сильнее воздействует на живую ткань, чем  $\beta$ - или  $\gamma$ -излучение, так как его ионизирующая способность в несколько раз выше. Если принять во внимание этот факт, то дозу следует умножить на коэффициент, отражающий неодинаковую ионизирующую способность различных видов излучения.

**Эквивалентная доза (Н)** – величина, введенная для оценки радиационной опасности хронического облучения излучением произвольного состава

$$H = D \cdot Q \quad [Зв] \quad 1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}.$$



Q – безразмерный взвешивающий коэффициент для данного вида излучения. Для рентгеновского и  $\gamma$ -излучения  $Q=1$ , для альфа-, бета-частиц и нейтронов  $Q=20$ .

При расчете эквивалентной дозы для  $\alpha$ -активных нуклидов учитывается еще и коэффициент распределения дозы. КР, учитывающий влияние неоднородности распределения нуклидов в ткани и его канцерогенную эффективность по отношению к  $^{226}\text{Ra}$ .

До 1996 года в СССР, а затем в СНГ в качестве единицы измерения эквивалентной дозы использовался «бэр» – поглощенная доза любого вида излучения, которая вызывает равный биологический эффект с дозой в 1 рад рентгеновского излучения. Таким образом, бэр – «биологический эквивалент рада». **С 1996 года на территории России использование старых внесистемных единиц «рад», «бэр», а также «кюри» в литературе, официальных документах не допускается.** В системе СИ единицей измерения для эквивалентной дозы является **зиверт (Зв)**. Соотношение с прежней единицей то же, что и для поглощенной дозы:  $1\text{Зв} = 100\text{бэр}$ .

При определении эквивалентной дозы следует учитывать также, что одни части тела (органы; ткани) более чувствительны к облучению, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, мышечной ткани, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными коэффициентами. Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав их по всем органам и тканям, получим **эффективную эквивалентную дозу** (рисунок 2), отражающую суммарный эффект облучения для организма; она также измеряется в зивертах. Эффективная эквивалентная доза используется для оценки риска отдаленных последствий облучения.

Просуммировав индивидуальные эквивалентные дозы, мы получим **коллективную эффективную эквивалентную дозу**, которая измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв).

Однако многие радионуклиды распадаются очень медленно (например, уран  $^{238}\text{U}$  -  $t_{1/2} = 4,47$  млрд. лет,  $^{234}\text{U}$  – 245000 лет, торий  $^{230}\text{Th}$  – 8000 лет,  $^{226}\text{Ra}$  – 1600 лет) и останутся радиоактивными и отдаленном будущем. Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают многие поколения людей от какого-либо радиоактивного источника за все время его дальнейшего существования называют **ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой**.

### 3.6.3. Биологическое действие ионизирующих излучений

#### *Механизм действия ИИ на биологические объекты*

Биологический эффект ионизирующих излучений тем больше, чем больше произошло актов ионизации в живом веществе. Другими словами, биологическое действие излучения зависит от числа образованных пар ионов или соответственно, величины поглощенной энергии.

Ионизации живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры различных соединений. Такие изменения на молекулярном уровне приводят в конечном итоге к гибели клеток.

Так под влиянием излучений в живой ткани происходит расщепление воды на атомарный водород  $H^+$  и гидроксильную группу  $OH^-$ , которые, обладая высокой химической активностью, вступают в соединения с другими молекулами ткани и образуют новые химические соединения, не свойственные здоровой ткани. Таким образом, в результате прошедших изменений нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ нарушается.

Нарушение процессов жизнедеятельности организма выражается в таких расстройствах как

- торможение функций кроветворных органов,
- нарушение нормальной свертываемости крови и повышение хрупкости кровеносных сосудов,
- расстройство деятельности желудочно-кишечного тракта,
- снижение сопротивляемости инфекциям,
- истощение организма и др.

Говоря о биологическом действии ионизирующих излучений, следует различать внешнее и внутренне облучение.

**Внешнее облучение.** Под внешним облучением понимают такое воздействие излучения на человека, когда источник радиации расположен вне организма и исключена вероятность попадания радиоактивных веществ внутрь организма.

Внешнее облучение возможно при работе на рентгеновских аппаратах и ускорителях или же при работе с радиоактивными веществами, находящимися в герметичных ампулах. Наиболее опасными при внешнем облучении являются бета-излучение, нейтронное излучение, гамма- и рентгеновское излучения. Биологический эффект зависит от дозы облучения, вида излучения, времени воздействия, размеров облучаемой поверхности, ее локализации на теле, индивидуальной чувствительности организма.

Так  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы, обладая незначительной проникающей способностью, вызывают при внешнем облучении только кожные поражения.

Жесткие рентгеновские и  $\gamma$ -лучи, обладающие высокой проникающей способностью, могут привести к летальному исходу, не вызвав изменений кожных покровов.

**Внутреннее облучение.** Внутреннее облучение происходит при попадании радиоактивного вещества внутрь организма при вдыхании воздуха, загрязненного радиоактивными элементами, через пищеварительный тракт, и, в редких случаях, через кожу. При попадании радиоактивного вещества внутрь организма человек подвергается непрерывному облучению до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадается или не выведется из организма. Этот вид облучения может вызывать поражения различных внутренних органов.

#### *Воздействие радиации на организм человека*

Все многообразие отрицательных воздействий радиации на человеческий организм можно свести к так называемым пороговым (детерминированным) эффектам и беспороговым (стохастическим).

**Пороговые, или детерминированные** эффекты облучения это биологические эффекты излучения, в отношении которых предполагается существование порога, выше которого тяжесть эффекта зависит от дозы. Пороговые эффекты возникают при облучении в течении всей жизни в дозах, превышающих 0,1 Зв, или 100 мЗв в год.

Рассмотрим пороговые эффекты облучения - радиационные поражения.

Радиационные поражения могут быть острыми и хроническими.

**Острые** поражения (**острая лучевая болезнь**, далее - **ОЛБ**) наступают при облучении большими дозами в течение короткого промежутка времени.

**Хронические лучевые поражения** бывают общие и местные. Они развиваются в скрытой форме в результате систематического облучения дозами больше предельно допустимой, поступающими как при внешнем облучении, так и при попадании радиоактивных веществ внутрь организма.

Важно иметь в виду, что все перечисленные виды воздействия радиации на организм относятся к т. н. **пороговым эффектам**, которые возникают при облучении в течении всей жизни в дозах, *превышающих 100 мЗв в год*.

Кроме пороговых эффектов существуют еще **стохастические (беспороговые)**. Это вредные биологические эффекты излучения, не имеющие дозового порога. Принимается, что *вероятность возникновения этих эффектов пропорциональна дозе, а тяжесть их проявления не зависит от дозы*. В связи с этим существует понятие **радиационного риска**, который определяется как вероятность того, что у человека в результате облучения возникнет какой-либо конкретный вредный эффект /1/.

К стохастическим, или беспороговым эффектам относятся онкологические заболевания (лейкозы, рак), наследственные болезни, мутации.

#### 3.6.4. Источники ионизирующих излучений

Источники ионизирующих излучений подразделяются на природные и искусственные.

К **природным источникам** относятся космическое излучение и природные радионуклиды, содержащиеся в окружающей среде и поступающие в организм человека с воздухом, водой и пищей. **Искусственные источники** излучения разделяются на медицинские (диагностические и радиотерапевтические процедуры) и техногенные (искусственные и специально сконцентрированные человеком природные радионуклиды, генераторы ионизирующего излучения и др.).

В отличие от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона и диапазона промышленных частот, ионизирующее излучение присуще окружающей нас естественной (природной) среде и человек всегда подвергался и подвергается облучению естественного радиационного фона, состоящим из

а) космического излучения;

б) излучения естественно распределенных природных радиоактивных веществ (на поверхности земли, в приземной атмосфере, продуктах питания, воде и др.). Естественный фон внешнего излучения на территории нашей страны создает мощность эквивалентной дозы 0,36-1,8 мЗв/год или 0,036-0,18 бэр/год .

Примерно половина радиационного природного фона доходит до организма через воздух при облучении легких за счет радиоактивных газов **радона** ( $^{222}\text{Rn}$ ), **торона** ( $^{220}\text{Rn}$ ) и их продуктов распада. Радон, в свою очередь, происходит от радия, повсеместно присутствующего в почве, стенах зданий и других объектах среды. Если полы в доме со щелями, а вентиляция помещений слабая, то в некоторых местах и домах индивидуальные дозы на легкие могут доходить до устрашающих уровней (иногда даже до 100 бэр в год).

Кроме естественного фона облучения человек облучается и другими источниками, например при медицинском обследовании.

**Источники ИИ на производстве.** В условиях производства человек может

облучаться при работе с радиационными дефектоскопами, толщиномерами, плотномерами и др. измерительной техникой, использующей рентгеновское излучение и радиоактивные изотопы, с термоэлектрическими генераторами, установками рентгеноструктурного анализа, высоковольтными электровакуумными приборами, а так же при работе с радиоактивными веществами.

### 3.6.5. Нормирование ионизирующих излучений.

В Федеральном законе «О радиационной безопасности населения» сказано следующее: «Радиационная безопасность населения - состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения» (статья 1).

«Граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства, проживающие на территории Российской Федерации, имеют право на радиационную безопасность. Это право обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм, правил и нормативов, выполнения гражданами и организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, требований к обеспечению радиационной безопасности» (статья 22).

В настоящее время предельно допустимые уровни ионизирующего облучения определяются “Нормами радиационной безопасности НРБ-2000, пришедшими на смену НРБ-96”, и “Основными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87”. НРБ-96, в частности, определяет цель радиационной безопасности как *охрану здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании излучения в различных областях хозяйства, в науке и медицине.*

Обеспечение радиационной безопасности определяется следующими основными принципами:

- ♦ **принципом нормирования** - т.е. непревышением допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;

- ♦ **принципом обоснования** - запрещением всех видов деятельности по использованию источников ИИ, при котором полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону;

- ♦ **принципом оптимизации** - поддержании на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ИИ.

В соответствии с НРБ установлены следующие категории лиц.

**Персонал** - лица, работающие с техногенными источниками ИИ (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Представители группы Б не работают непосредственно с ИИ, но по условиям размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения, применяемых в учреждениях и удаляемых во внешнюю среду с отходами.

**В** – все население, включая лиц из персонала, вне сферы их производственной деятельности.

Основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения от техногенных источников в *контролируемых*, т.е. в неаварийных условиях, приведены в таблице 3.

Таблица - 3 Основные дозовые пределы

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	лица из персонала (группа А)	лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Дозы облучения персонала группы Б не должны превышать 1/4 значений для персонала группы А.

Для оперативного контроля, а также учитывая, что при работе с радиоактивными веществами возможно загрязнение ими рабочих поверхностей, попадание их в воздух и организм человека, используется также нормирование по другим параметрам, являющимся производными от основных дозовых пределов:

- пределы годового поступления (ПГП),
- допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА),
- удельные активности (ДУА) и т.д., а также контрольные уровни.

Контрольные уровни устанавливаются администрацией учреждения по согласованию с органами Госсанэпиднадзора. Их численные значения должны учитывать достигнутый в учреждении уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Документ НРБ-2000 формулирует и требования к ограничению облучения населения. Дело в том, что, несмотря на то, что пороговые эффекты облучения возникают лишь при дозах > 10 бэр в год, МКРЗ придерживается предельно возможной в интересах защиты индивидуума концепции о вредности радиации в самых малых дозах, начиная с нуля и объявляет вредным даже природный вековой фон. Считается, что каждый 1 бэр (10 мЗв) у человека, полученный в течение жизни на все тело, может привести к потере 5 суток жизни.

Радиационная безопасность населения обеспечивается путем ограничения облучения от всех основных источников.

Свойства основных источников и возможности регулирования облучения населения их излучением существенно различны. В связи с этим облучение населения излучением природных, техногенных и медицинских источников регламентируется отдельно с применением разных методологических подходов и технических способов. При этом следует принимать меры как по снижению дозы излучения у отдельных лиц, так и по уменьшению числа лиц, подвергающихся облучению.

**Работа с радиоактивными изотопами.** Работы с радионуклидами Правила (ОСП) подразделяют на два вида:

- с закрытыми источниками ИИ;
- с открытыми источниками ИИ.

*Закрытыми источниками ИИ* называются любые источники, устройство которых

исключает попадание радиоактивных веществ в воздух рабочей зоны. *Открытые источники III* могут загрязнять воздух рабочей зоны. В связи с этим существуют отдельные требования к работе с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений на производстве.

Работы с радионуклидами нормируются в зависимости от класса опасности радионуклида (А, Б, В, Т) и класса опасности работ (I, II, III) (см. рисунок 6).

При работе с установками, использующими рентгеновское излучение (пульты, флюоресцирующие экраны, электронные лампы, видеоконтрольные устройства), нормируется **мощность экспозиционной дозы**

$$P_{\text{эксп}} = \frac{dx}{dt} \left[ \frac{\text{Кл}}{\text{кг} \cdot \text{с}} \right] \left( \left[ \frac{\text{Р}}{\text{с}} \right] \right).$$

При работе с установками, где рентгеновское излучение является *побочным фактором* (высоковольтные электронные лампы, микроскопы, осциллографы, электронно-лучевые трубки, установки для плавления, сварки и т. п.) также нормируется  $P_{\text{эксп}}$  в любой точке пространства (на расстоянии 5 см от корпуса установки) в зависимости от продолжительности рабочей недели. При 41-часовой недели –  $P_{\text{экспдоп}} \leq 0,288$  мР/час.

На случай **чрезвычайной ситуации**, вызванной радиационной аварией существует так называемое **планируемое повышенное облучение**.

Планируемое повышенное облучение персонала при ликвидации аварии выше установленных дозовых пределов (таблица 2) разрешается только в тех случаях, когда нет возможности принять меры, исключающие их превышение, и может быть оправдано лишь спасением жизни людей, предотвращением дальнейшего развития аварии и облучения большого числа людей.

Планируемое повышенное облучение допускается только для мужчин старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения при ликвидации аварии и риске для здоровья.

### 3.6.6. Защита от ионизирующих излучений

Главная опасность закрытых источников – внешнее облучение. При этом важно иметь в виду следующее:

- доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности излучения и времени действия;
- интенсивность излучения точечного источника пропорциональна количеству  $\gamma$ -квантов или частиц, возникающих в нем и обратно пропорционально квадрату расстояния;
- экранирование может значительно снижать интенсивность излучения.

Отсюда вытекают следующие основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

**Защита количеством.** Подразумевается уменьшение мощности источника до минимальной величины. Это не всегда возможно по технологическим причинам.

**Защита временем** основана на сокращении времени работы с источником.

**Защита расстоянием** обусловлена тем, что *излучение теряет свою энергию при взаимодействии с веществом*: чем больше расстояние до источника, тем больше

произойдет актов взаимодействия излучения с атомами и молекулами, что снижает дозу облучения.

**Экранирование.** Этот способ защиты является наиболее эффективным.

Для защиты от рентгеновского и  $\gamma$ -излучения используются металлические экраны, выполненные из материалов с большим атомным весом (свинец, вольфрам, железо). Могут использоваться также бетон, кирпич, чугун.

Для защиты от  $\beta$ -излучения наоборот – используются материалы с малой атомной массой (для минимизации тормозного излучения), а именно, алюминий, плексиглас.

Для защиты от нейтронного излучения используются материалы, содержащие в своем составе водород (вода, парафин, полиэтилен и т. п.).

По своему назначению защитные экраны условно подразделяются на пять групп:

**1.Защитные экраны-контейнеры**, в которых помещаются радиоактивные препараты. Применяются при транспортировке радионуклидов.

**2.Защитные экраны для оборудования**, которыми окружают все оборудование при нахождении радиоактивного препарата в рабочем положении или при работе источника ИИ.

**3.Передвижные защитные экраны**, которые применяются для защиты рабочих мест.

**4.Защитные экраны, монтируемые как части строительных конструкций** (стены, перекрытия полов и потолков и т.п.) и применяемые для защиты помещений, в которых постоянно находится персонал.

**5.Экраны СИЗ** (щиток из оргстекла, смотровые стекла пневмокостюмов и др.).

При работе с открытыми источниками используется **зонирование территории**. Зонирование подразумевает деление территории на 3 зоны:

- I зона – укрытия (боксы, камеры, коммуникации, являющиеся источниками радиоактивного загрязнения);
- II зона – объекты и помещения, в которых люди могут находиться периодически (помещения для временного хранения отходов и т. п.);
- III зона – помещения для постоянного пребывания людей.

К другим способам защиты относятся применение СИЗ, которые подразделяются на пять видов: спецодежда, спецобувь, СИЗ органов дыхания (СИЗОД), изолирующие костюмы, дополнительные защитные приспособления. Важное значение имеют правила личной гигиены (недопущение курения в рабочей зоне, дезактивация кожных покровов, дозиметрический контроль спецодежды и спецобуви).

Эффективным способом обеспечения радиационной безопасности является применение **дистанционного управления**.

### 3.6.7. Радиационный контроль

Одним из существенных факторов системы радиационной безопасности является дозиметрический контроль. На предприятиях, для которых используются источники ИИ, существуют службы радиационной безопасности. Это – специализированные службы, которые комплектуются из лиц, прошедших специальную подготовку.

Задачи контроля радиационной обстановки, в зависимости от характера проводимых работ, сводятся к следующим:

- контроль мощности дозы рентгеновского и гамма-излучений, потоков альфа - и

бета-частиц, нейтронов на рабочих местах и на территории предприятия;

- контроль за содержанием радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе рабочей зоны;
- контроль индивидуального облучения в зависимости от характера работ (индивидуальный контроль внешнего облучения с помощью индивидуальных дозиметров, контроль за содержанием радиоактивных веществ в организме;
- контроль величины выброса радионуклидов в атмосферу;
  - контроль содержания радионуклидов в сточных водах;
  - контроль за сбором, удалением и обезвреживанием радиоактивных твердых и жидких отходов;
  - контроль уровня загрязнения окружающей среды.

**Приборы радиационного контроля.** Обнаружение и измерение ИИ основывается на их способности ионизировать вещество среды, в которых они распространяются. Таким образом, принцип действия приборов, используемых для регистрации излучений, заключается в измерении эффектов, возникающих в процессе взаимодействия излучения с веществом. В связи с этим методы измерения классифицируются следующим образом:

- 1) ионизационный;
- 2) сцинтилляционный;
- 3) фотографический;
- 4) химический;

Применяются также полупроводниковые, фото- и термолюминесцентные детекторы ионизирующих излучений.

По назначению приборы РК условно подразделяются на три группы:

- 1) рентгенометры (для измерения мощности экспозиционной дозы);
- 2) радиометры (для измерения плотности потоков ИИ);
- 3) индивидуальные дозиметры (для измерения экспозиционной или поглощенной дозы ИИ).

**Фотографический метод** основан на измерении степени почернения фотоэмульсии под воздействием ИИ. Гамма-лучи, воздействуя на молекулы бромида серебра, содержащегося в фотоэмульсии, выбивают из них электроны связи. При этом образуются мельчайшие кристаллики серебра, которые и вызывают почернение фотопленки при ее проявлении. Сравнивая почернение пленки с эталоном, можно определить полученную пленкой дозу облучения, так как интенсивность почернения пропорциональна дозе облучения.

**Химический метод** основан на изменении цвета некоторых химических веществ под воздействием ИИ. Так, например, молекулы хлороформа при облучении распадаются, образуя молекулы соляной кислоты, которая воздействует на индикатор, добавленный к хлороформу. Интенсивность окрашивания индикатора зависит от количества соляной кислоты, которое, в свою очередь, пропорционально экспозиционной дозе облучения.

**Сцинтилляционный метод** основан на том, что под воздействием ИИ некоторые вещества испускают фотоны видимого света, таким образом, в объеме вещества возникают вспышки - сцинтилляции. Здесь также существует пропорциональная связь между экспозиционной дозой и интенсивностью вспышек. Сцинтилляционный метод обычно применяется в лабораторной практике.

**Ионизационный метод** основан на явлении ионизации газов под воздействием ИИ, в результате которой образуются положительные ионы и электроны. Если в этом объеме поместить два электрода, к которым подведено постоянное напряжение, то между



электродами создается электрическое поле. Электроны, имеющие отрицательный заряд, будут перемещаться к аноду, т.е. положительному электроду, а положительные ионы - к катоду. Таким образом, между электродами возникает электрический ток, называемый *ионизационным*. Измеряя ионизационный ток, можно судить об интенсивности излучений.

Ионизационный метод положен в основу действия *дозиметрических приборов*, т.е. приборов для обнаружения и измерения ионизирующих излучений. Дозиметрические приборы можно разделить на следующие три группы:

приборы для радиационной разведки местности;

приборы для контроля облучения;

приборы для контроля степени заражения поверхностей, веществ, продуктов питания и т.п. (измеряется активность в Ки или Бк).

**Рентгенометр-радиометр ДП-5В** для обнаружения и измерения уровней гамма- и бета- излучения на местности, степени заражения радиоактивными веществами кожных покровов людей, одежды, техники, продовольствия, воды и т.д. Диапазон измерения прибора по гамма-излучению от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч.

Индивидуальные дозиметры **ДП-22В** и **ДКП-50А** для измерения индивидуальных доз гамма - облучения личного состава ГО и РСЧС, действующего на местности, зараженной радионуклидами. Эти дозиметры измеряют *экспозиционную* дозу облучения в рентгенах.

Комплект индивидуальных измерителей доз **ИД-1**, **ИД11** для измерения *поглощенных* доз гамма-нейтронного излучения.

К более современным дозиметрическим приборам относятся такие приборы как:

**РКСБ-104** - комбинированный прибор, позволяющий измерять мощность эквивалентной дозы, плотность потока гамма-излучения, а также удельную активность;

**ДРГБ-01 «ЭКО-1»**, измеряющий мощность эквивалентной дозы в диапазоне 0,15...5,0 мкЗв/ч и удельную активность в диапазоне 0,5...10,0 кБк/кг;

**ИМД-1Р** - прибор, измеряющий мощность экспозиционной дозы в диапазоне 10 мкР/ч....995 мР/ч.

В настоящее время в нашей стране выпускается целый ряд бытовых приборов, позволяющих оценивать мощность экспозиционной или эквивалентной доз радиации («Белла», «Сосна», «УНИРЭТ» и др.).

## Тема 4. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях

**Аннотация.** Рассматриваются общие сведения о природных, техногенных и природно-техногенных чрезвычайных ситуациях, особенности защитных действий в экстремальных и чрезвычайных ситуациях

Ключевые слова. *ЧС, источники ЧС, ликвидация ЧС, современные средства поражения, карантин, обсервация, эпидемия, поражающие дозы.*

### 4.1. Общие сведения о чрезвычайных ситуациях

Прогресс науки и развитие техносферы создали ряд серьезных угроз человеку и среде его обитания. Вместе с тем, развитие техносферы сегодня - необходимое условие выживания. Очевидно, что сотни тысяч людей страдают от всевозможных чрезвычайных ситуаций вовсе не из-за различных пороков техносферы. Причина кроется в сложнейших процессах развития общества.

Перед человечеством стоит ряд глобальных проблем, которые возникли в ходе развития цивилизации. Это, прежде всего, демографическая проблема, порождаемая перенаселением, миграцией, старением и являющаяся одной из первопричин ряда других глобальных проблем. Это - экологическая проблема с ее многочисленными составляющими, в том числе изменением глобального климата и истощением озонового слоя. Это - проблемы войны и мира, проблемы природных катастроф и техногенной безопасности, это, наконец, проблемы энергетики, истощения невозобновимых ресурсов, бедности, занятости, нехватки продовольствия, межэтнического противостояния, религиозной нетерпимости, организованной преступности, терроризма, информационной безопасности, здравоохранения, генетической безопасности, наркомании, деградации духовно-нравственной сферы и др.

Каждая неразрешенная, непреодоленная глобальная проблема становится возможной причиной катастрофы. И только знание потенциальных опасностей позволяет принимать превентивные меры, чтобы избежать беды. В качестве примера успешно разрешенных глобальных проблем можно назвать острую в 1960-1980-х годах проблему "информационного взрыва", на сегодня весьма эффективно смягченную благодаря новым информационным технологиям, а также решенную во многом благодаря достижениям медицины проблему эпидемий, охватывавших ранее обширные территории Земли.

Однако для человечества традиционным является пренебрежение предупредительными мерами. Предпочтение отдается конъюнктурным потребностям момента. В результате даже уже изученные опасные тенденции оказываются неучтенными, и как результат возникают чрезвычайные ситуации.

Угрозы катастроф, обусловленных наличием глобальных проблем, естественно, существуют и в России. По мнению многих экспертов, темпы и масштабы деградации окружающей среды в стране находятся на среднемировом уровне, но при этом по характеру деградации земель и лесов Россия ближе к развивающимся странам, а по выбросам ядовитых веществ в воздушную и водную среду, их массе и разнообразию - к развитым в промышленном отношении странам. **Вместе с тем, к особенностям деградации окружающей среды в России следует отнести самую высокую в мире радиационную загрязненность и более высокий по сравнению с другими**

**развитыми странами уровень загрязнения токсичными тяжелыми металлами, пестицидами, органическими соединениями.**

Значительное негативное влияние оказывает преимущественно экстенсивный характер экономики, сопровождающийся нерациональным использованием многих видов природных ресурсов, нерациональными объемами добычи природного сырья, концентрацией производств только в отдельных регионах без учета хозяйственной емкости соответствующих экосистем, отсутствием мощностей по переработке бытовых и производственных отходов. К этому следует добавить наличие на большинстве предприятий устаревших технологий, ненадежность технологического оборудования, обусловленную старением основных фондов, и т. д.

## **4.2. Классификация чрезвычайных ситуаций**

### **1.**

**Чрезвычайная ситуация** - в РФ – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

**Источник чрезвычайной ситуации** – это опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

**Опасный производственный объект** – это производственные объекты на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся транспортируются и уничтожаются воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие, взрывчатые, токсичные и высокотоксичные вещества; вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды; а также используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия; используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры; получают расплавы черных и цветных металлов; ведутся –горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

**Различают чрезвычайные ситуации по масштабам** (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные) и **по характеру источника** (природные, техногенные, биолого-социальные и как результат конфликтных событий).

### ***Деление чрезвычайных ситуаций по масштабу***

**1) К локальной относится чрезвычайная ситуация**, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составил не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

**Ликвидация локальной чрезвычайной ситуации** осуществляется силами и средствами предприятий, учреждений и организаций независимо от их организационно-правовой формы.

**2) К местной относится чрезвычайная ситуация**, в результате которой пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

**Ликвидация местной чрезвычайной ситуации** осуществляется силами и средствами органов местного самоуправления.

**3) К территориальной относится чрезвычайная ситуация**, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 тыс., но не более 0,5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы субъекта Российской Федерации.

**Ликвидация территориальной чрезвычайной ситуации** осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации.

**4) К региональной относится чрезвычайная ситуация**, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500, но не более 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 млн., но не более 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации охватывает территорию двух субъектов Российской Федерации.

**Ликвидация региональной чрезвычайной ситуации** осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации.

**5) К федеральной относится чрезвычайная ситуация**, в результате которой пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн., минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации выходит за пределы двух субъектов Российской Федерации.

**Ликвидация федеральной чрезвычайной ситуации** осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации.

**6) К трансграничной относится чрезвычайная ситуация**, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо чрезвычайная ситуация, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации.

**Ликвидация трансграничной чрезвычайной ситуации** осуществляется по решению Правительства Российской Федерации в соответствии с нормами международного права и международными договорами Российской Федерации.

К ликвидации чрезвычайных ситуаций могут привлекаться Войска гражданской обороны Российской Федерации, Вооруженные Силы Российской Федерации, другие войска и воинские формирования в соответствии с законодательством Российской Федерации.

При всем многообразии существующих на сегодняшний день классификаций, все ЧС можно условно разделить по трем признакам. **Первый** – это сфера возникновения, которая определяет характер происхождения чрезвычайной ситуации. **Второй** – ведомственная принадлежность, т.е. где, в какой отрасли хозяйства случилась данная

чрезвычайная ситуация:

1. в строительстве (промышленном, гражданском, транспортном);
2. в промышленности (атомной, химической, машиностроении ...);
3. в коммунально-бытовой сфере;
4. на транспорте;
5. в сельском и лесном хозяйствах и т.д.

**Третий** – масштаб возможных последствий. Здесь за основу берутся значимость (величина) события, нанесенный ущерб, наличие пострадавших и погибших людей, количество сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий.

Несложно заметить, что второй признак характерен для техногенных ЧС, а поскольку техносфера не может существовать без участия в ней человека, то во многом, техногенные ЧС тесно увязаны с антропогенным фактором, который, в свою очередь, будет являться общим звеном в цепи техногенных, природных и экологических ЧС. Следовательно, общим, объединяющим, моментом всех трех сфер возникновения ЧС будет социум, который, по большому счету, внешняя оболочка их объединяющая, а, значит, нет ни одной ЧС, которую бы нельзя было назвать, в той или иной мере, социальной.

### *Деление чрезвычайных ситуаций по характеру источника.*

#### *Природные чрезвычайные ситуации*

Под опасным гидрометеорологическим явлением (ОЯ) понимается явление, которое по своей интенсивности, продолжительности или времени возникновения представляет угрозу безопасности людей, а также может нанести значительный ущерб отраслям экономики. При этом гидрометеорологические явления оцениваются как ОЯ при достижении критических значений гидрометеорологических величин.

На территории России встречаются более 20 видов опасных гидрометеорологических явлений, за которыми Росгидромет ведет регулярные наблюдения с целью их обнаружения и прогнозирования. Это - сильные ветры, шквалы, смерчи, пыльные бури, ливни и грозы, град, сильные продолжительные дожди, засухи, заморозки, снегопады, метели, гололедно-изморозевые явления, туманы, сильные морозы, наводнения, снежные лавины, сели и другие.

Опасные гидрометеорологические явления оказывают неблагоприятное воздействие на производственно-хозяйственную деятельность общества. В России, где климатические условия очень разнообразны и подвержены значительным колебаниям, ущерб от гидрометеорологических явлений составляет 80-90%. По данным ООН, в последнее десятилетие 1991-2000 гг. более 90% людей, ставших жертвами опасных природных явлений, погибли от суровых метеорологических и гидрологических явлений.

На территории России, обладающей большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий, наблюдается более 30 видов опасных природных явлений.

Сами по себе ЧС природного характера весьма разнообразны, поэтому, исходя из причин (условий) возникновения, их делят на:

1. **Геофизически опасные явления:**  
- землетрясения; извержения вулканов.
2. **Геологически опасные явления:**

- оползни; сели; обвалы, осыпи; лавины; склоновый смыв; просадка лессовых пород; просадка (провал) земной поверхности в результате карста; абразия, эрозия; пыльные бури.

### **3. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления:**

- бури (9-11 баллов); ураганы (12-15 баллов); смерчи, торнадо; шквалы; вертикальные вихри; крупный град; сильный дождь (ливень); сильный снегопад; сильный гололед; сильный мороз, сильная метель; сильная жара; сильный туман; засуха; суховей; заморозки.

### **4. Морские гидрологические опасные явления:**

- тропические циклоны (тайфуны); цунами; сильное волнение, шторм (более 5 баллов); сильное колебание уровня моря; ранний ледяной покров и припай; напор льдов, интенсивный дрейф льдов; непроходимый (труднопроходимый) лед; обледенение судов и портовых сооружений; отрыв прибрежных льдов.

### **5. Гидрологические опасные явления:**

- высокие уровни воды (наводнения); половодье; дождевые паводки; заторы и зажоры; ветровые нагоны; низкие уровни воды; ранний ледостав и появление льда на судоходных водоемах.

### **6. Гидрогеологические опасные явления:**

- низкие уровни грунтовых вод; высокие уровни грунтовых вод.

### **7. Природные пожары:**

- лесные пожары; пожары степных и хлебных массивов; торфяные пожары; подземные пожары горючих ископаемых.

### **8. Инфекционная заболеваемость людей:**

- единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний; групповые случаи опасных инфекционных заболеваний; эпидемическая вспышка опасных инфекционных заболеваний; эпидемия; пандемия (повальная эпидемическая болезнь, охватывающая население определённой области или даже целой страны); инфекционные заболевания не выявленной этиологии.

### **9. Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных:**

- единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний; энзоотии (заразная болезнь скота, свойственная какой-либо местности); эпизоотии (одновременное заболевание значительного числа животных заразной болезнью); панзоотии (всеобщая повальная болезнь животных); инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных невыявленной этиологии.

### **10. Поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями:**

- прогрессирующая эпифитотия; панфитотия; болезни сельскохозяйственных растений не выявленной этиологии; массовое распространение вредителей растений.

### *Техногенные чрезвычайные ситуации*

Техногенные ЧС наносят значительный экологический ущерб в результате масштабного загрязнения поверхностных и подземных вод, почв, биоты, атмосферного воздуха опасными для окружающей среды веществами, а также гибели животных и растений, деградации экосистем.

Техногенная ЧС или авария - это экстремальное событие техногенного происхождения или являющееся следствием случайных или преднамеренных внешних воздействий, приведшее к выходу из строя, повреждению и (или) разрушению технических устройств, транспортных средств, зданий, сооружений и (или) к человеческим жертвам. Аварии по особенностям воздействия поражающих факторов на

людей, окружающую природную среду и объекты экономики подразделяются на аварии, сопровождающиеся выбросами опасных веществ, пожарами, взрывами, затоплениями, нарушениями систем жизнеобеспечения (энергосистем, инженерных, технологических сетей и т.п.), обрушениями сооружений, крушениями транспортных средств.

*Классификация техногенных ЧС:*

### **1. Транспортные аварии (катастрофы):**

- аварии товарных поездов; аварии пассажирских поездов, поездов метрополитена; аварии речных и морских грузовых судов; аварии (катастрофы) речных и морских пассажирских судов; авиакатастрофы в аэропортах, населенных пунктах; авиакатастрофы вне аэропортов, населенных пунктов; аварии (катастрофы) на автодорогах (крупные автомобильные); аварии транспорта на мостах, железнодорожных переездах, тоннелях; аварии на магистральных трубопроводах.

### **2. Пожары, взрывы, угроза взрывов:**

- пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов; пожары (взрывы) на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ; пожары (взрывы) на транспорте; пожары (взрывы) в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах; пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения; пожары (взрывы) на химически опасных объектах; пожары (взрывы) на радиационно опасных объектах; обнаружение неразорвавшихся боеприпасов; утрата взрывчатых веществ (боеприпасов).

### **3. Аварии с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ:**

- аварии с выбросом (угрозой выброса) ХОВ при их производстве, переработке, хранении (захоронении); аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) ХОВ; образование и распространение ХОВ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии; аварии с химическими боеприпасами; утрата источников ХОВ.

### **4. Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ:**

- аварии на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения с выбросом (угрозой выброса) РВ; аварии с выбросом (угрозой выброса) РВ на предприятиях ядерно-топливного цикла; аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом РВ на борту; аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) РВ; аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения, эксплуатации или установки; утрата радиоактивных источников.

**5. Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ:** аварии с выбросом (угрозой выброса) БОВ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях); аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) БОВ; утрата БОВ.

### **6. Внезапное обрушение зданий, сооружений:**

- обрушение элементов транспортных коммуникаций; обрушение производственных зданий и сооружений; обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения.

### **7. Аварии на электроэнергетических системах:**

- аварии на автономных электростанциях с длительным перерывом электроснабжения всех потребителей; аварии на электроэнергетических системах (сетях) с длительным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий; выход из строя транспортных электроконтактных сетей.

### **8. Аварии на системах коммунального обеспечения:**

- аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ; аварии на тепловых сетях (системах горячего водоснабжения) в холодное время года; аварии в системах снабжения населения питьевой водой; аварии на коммунальных газопроводах.

#### **9. Аварии на очистных сооружениях:**

- аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ; аварии на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ.

#### **10. Гидродинамические аварии:**

- прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений; прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием прорывного паводка; прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях.

#### *Биолого-социальные чрезвычайные ситуации*

**Биолого-социальная чрезвычайная ситуация** - обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате возникновения широко распространенной инфекционной болезни людей, сельскохозяйственных животных или растений, при которой может возникнуть или возникла угроза жизни и здоровью людей, животных, могут быть уничтожены или пострадать природные и сельскохозяйственные угодья и причинен значительный экономический ущерб.

Залогом обеспечения биологической безопасности служит соблюдение правовых норм, выполнение санитарно-гигиенических и санитарно-эпидемиологических правил, технологических и организационно-технических требований, а также проведение соответствующего комплекса правовых, санитарно-гигиенических, санитарно-эпидемиологических, организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение, ослабление и ликвидацию заражения людей, сельскохозяйственных животных и растений инфекционными болезнями.

Для предотвращения последствий биолого-социальных ЧС на пораженной территории вводятся карантин и обсервация.

**Карантин** – это система временных организационных, режимно-ограничительных, административно-хозяйственных, санитарно-эпидемиологических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение распространения инфекционной болезни и обеспечение локализации эпидемического, эпизоотического или эпифитотического очагов и последующую их ликвидацию.

**Обсервация** – это режимно-ограничительные мероприятия, предусматривающие наряду с усилением медицинского и ветеринарного наблюдения и проведением противэпидемических, лечебно-профилактических и ветеринарно-санитарных мероприятий, ограничение перемещения и передвижения людей или сельскохозяйственных животных во всех сопредельных с зоной карантина административно-территориальных образованиях, которые создают зону обсервации.

Стоит помнить, что существуют и такие опасные проявления биолого-социальной ЧС, как особо опасная инфекция и эпидемия.

**Особо опасная инфекция** – это состояние зараженности организма людей или животных, проявляющееся в виде инфекционной болезни, прогрессирующей во времени и пространстве и вызывающей тяжелые последствия для здоровья людей и сельскохозяйственных животных либо летальные исходы.



**Эпидемия** – это массовое, прогрессирующее во времени и пространстве в пределах определенного региона распространение инфекционной болезни людей, значительно превышающее обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости.

#### *Чрезвычайные ситуации как результат конфликтных событий*

Чрезвычайные ситуации возникают в результате военных действий, межнациональных, религиозных конфликтов, в случаях диверсионных актов и т. д.

История войн говорит о том, что в военных конфликтах в основном страдает мирное население, и чем совершеннее становятся средства поражения, тем больше гибнет мирных граждан. Так, в первую мировую войну потери среди мирного населения составили 5 % от всех потерь, во вторую мировую войну — уже 48 %, война в Корее унесла жизнь 84 % мирных жителей, а во Вьетнаме — 90 %.

В современных условиях могут быть использованы:

- оружие массового поражения (ядерное, химическое, бактериологическое);
- обычные средства поражения (артиллерийское, ракетное, стрелковое, авиационное);
- современные средства поражения.

**Современные средства поражения.** В результате научно-технической революции произошло накопление новых знаний, развитие фундаментальных наук. Открытия во многих областях науки и техники привели к созданию новых систем, направленных не только на благо человека, но и против него. В результате появились новые виды оружия; лучевое, радиочастотное, инфразвуковое, радиологическое, геофизическое

Все мы являемся свидетелями активизации глобальных природных процессов в последние годы, которые проявляются во всевозможных землетрясениях, ураганах, цунами, небывалых снегопадах и т.д. Не вдаваясь в исследования причин, мы поговорим о следствиях. А следствия таковы, что стихийные бедствия приносят огромный экономический ущерб, угрожают жизни и здоровью человека. **Кроме природных катаклизмов, сегодня огромную опасность для человечества представляет само человечество, точнее, созданная человеком "техносфера"**. Реальность такова, что люди производят ядовитые вещества - чудовищные по своей силе, используют энергию расщепления ядра, способную уничтожить все живое.

Бедствия, катастрофы, чрезвычайные ситуации свидетельствуют, что траектория мирового развития стала неустойчивой, и задача современной науки - найти выход и предложить его обществу. Символами уходящего XX века был технический прогресс, расширенное воспроизводство, экстенсивный рост. Императивы XXI века иные. Во главу угла ставятся устойчивость, безопасность, качество. Сегодня ученым недостаточно указать обществу выбор, надо изучить его последствия и выяснить цену этого выбора до того, как он будет сделан. И тогда у нашего и следующих поколений появится надежда. Сегодня в центре нашего внимания - человек, люди, общество, и цель этого общества - защита жизни и интересов человека. А чтобы научиться защищать человека, нужна не только научная система взглядов на способы управления рисками катастроф и стихийных бедствий. Необходима конкретная система программных мер по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций. И соответствующие государственные структуры, одной из которых является МЧС России.

#### **4.3. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита населения от их**

## последствий

### 4.3.1. Природные катастрофы

В наши дни жизнь человечества во многом зависит от явлений природы и природных катастроф. Они приводят к гибели людей, разрушению зданий и сооружений, городов и поселков, препятствуют нормальной деятельности человека. К природным катастрофам относятся землетрясения, наводнения, извержения вулканов, цунами, оползни и торнадо. Следует отметить, что огромный урон хозяйству наносят и другие опасные природные явления, в том числе засухи, сильные дожди, грады, смерчи, снежные заносы, гололедицы и др.

**Землетрясения** наносят крупный ущерб, иногда приводят к катастрофическим разрушениям и человеческим жертвам. В нашей стране зоны повышенной сейсмической опасности занимают около 20% территории (в том числе 5% — чрезвычайно опасные 9—10-балльные зоны). Более 20 млн человек (14% населения) постоянно подвержены угрозе разрушительных землетрясений.

**Цунами** — длинные волны (от 150 до 300 км) катастрофического характера, возникающие, главным образом, в результате тектонических подвижек на дне океана. В открытом море высота волны составляет несколько десятков сантиметров, но, добравшись до мелководного шельфа, она становится выше, вздымается и превращается в движущуюся стену. Скорость большинства волн цунами колеблется между 400 и 500 км/ч. Другие источники цунами — вулканические извержения и оползни.

**Вулканическая активность** наносит вред хозяйственной деятельности, может вызывать разрушения и приводить к гибели людей. Опасны шесть вулканических процессов: лавовые потоки, извержения с выпадением тефры (мельчайших частиц лавы и горных пород, образовавшихся в результате вулканического взрыва), вулканические грязевые потоки, вулканические наводнения, палящие тучи и выходы газов. Деятельность вулканов может оказывать сильное влияние на окружающую среду и жизнь человека.

**Оползни** возникают при нарушении устойчивости склонов из-за природных процессов или деятельности людей. Силы связности грунтов или горных пород оказываются в какой-то момент меньше, чем сила тяжести и вся масса приходит в движение. Оползни могут разрушать жилища и подвергать опасности целые населенные пункты, они угрожают сельскохозяйственным угодьям, повреждают коммуникации, туннели, трубопроводы, телефонные и электрические сети, угрожают водохозяйственным сооружениям, главным образом плотинам. Оползни создают опасность при эксплуатации карьеров и добыче полезных ископаемых, они могут перегородить долину, образовывать временные озера и способствовать наводнениям. К оползням также относят муровые и сели (водные потоки с грязью и каменными глыбами в Альпах называют муромы, а в Средней Азии — селями), обвалы ледников и снежные лавины.

**Торнадо** — катастрофические атмосферные вихри, имеющие форму воронки диаметром от 10 м до 1 км. В этом вихре скорость ветра может достигать 300 м/с (более 1000 км/ч). Торнадо иногда бывают связаны с медленно перемещающимися циклонами и возникают в окраинных частях последних. Типичные торнадо движутся по незакономерной трассе, разрушая полосу земли шириной несколько сот метров. Скорость поступательного перемещения торнадо составляет 40 км/ч, трасса торнадо абсолютно непредсказуема. Различна и длина пути торнадо: одни из них исчезают, не

пройдя 1 км, траектория же других может достигать сотен километров.

Как и между всеми природными процессами, между природными катастрофами существует взаимная связь. Одна катастрофа оказывает влияние на другую, бывает, что первая катастрофа служит пусковым механизмом последующих. Наиболее тесная зависимость существует между землетрясениями и цунами. Тропические циклоны почти всегда вызывают наводнения; землетрясения могут вызвать оползни, а те, в свою очередь, провоцируют наводнения. Между землетрясениями и вулканическими извержениями связь взаимная: известны землетрясения, вызванные вулканическими извержениями, и наоборот, вулканические извержения, обусловленные землетрясениями. Атмосферные возмущения и обильные дожди могут оказать влияние на сползание склонов. Пыльные бури — прямое следствие атмосферных возмущений.

Кроме гибели людей и животных, миграции населения, непосредственного разрушений зданий и инженерных сооружений все стихийные явления имеют и отдаленные экологические последствия.

#### 4.3.2. Природные источники загрязнения среды обитания

Главная роль в загрязнении среды обитания принадлежит человеку, но в природе (существуют и естественные источники загрязнения окружающей среды. Их роль в истории человечества оценивается по-разному, но, несомненно, крупные природные катаклизмы значительно влияют на качество окружающей среды, Основные природные источники загрязнения окружающей среды приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные природные источники загрязнения окружающей среды

Источник	Загрязнители
Извержения вулканов	Оксиды серы, оксиды азота, взвешенные частицы (в том числе тяжелые металлы), полиароматические углеводороды
Лесные пожары	Оксиды азота, взвешенные частицы (в том числе тяжелые металлы), полиароматические углеводороды, диоксины
Ветровая эрозия почв и выветривание горных пород	Взвешенные частицы (в том числе тяжелые металлы, асбест)
Испарение солей с поверхности морей и океанов	Соединения серы, тяжелые металлы
Жизнедеятельность микроорганизмов	Оксиды серы, оксиды азота, полиароматические углеводороды, метан
Грозовые разряды	Оксиды азота
Процессы нефте-, газо- и сланце-образования	Полиароматические углеводороды
Пыльца растений	Взвешенные частицы
Естественная радиоактивность (из минералов и горных пород)	Радон-222

Большинство выбросов в атмосферу от естественных источников,

рассредоточенных по всему земному шару, растворяются и рассеиваются в атмосфере и редко достигают концентраций, способных нанести серьезный ущерб. Исключения — выбросы в атмосферу во время сильных вулканических извержений и проникновение радиоактивного газа радона-222 внутрь зданий.

Радон выделяется из таких строительных материалов, как строительный камень, бетон, кирпич, цемент, известняковый щебень, известь, глина, песок. Радон — в нормальных условиях — бесцветный инертный газ; радиоактивен, может представлять опасность для здоровья и жизни, это — тяжелый газ без вкуса, запаха и при этом невидимый.

На открытом пространстве (в наружном воздухе) радон содержится в такой низкой концентрации, что обычно не вызывает беспокойства. Однако внутри закрытых помещений радон накапливается. Радон может поступать в помещения из почвы, через подвалы, грунтовый пол, трещины в бетонном полу и стенах, в местах ввода коммуникаций, через дренаж пола, водостоки, стыки, трещины или поры в стенах из пустотелых блоков. Радон также может проникать в помещение вместе с водой из артезианских скважин и выделяется из некоторых материалов, использованных при строительстве здания. Строительные материалы — дерево, песок, цемент, щебень, кирпич, гранит, бетон, газобетон и пеноблоки, пемза, изделия из глиноземного сырья, фосфогипс, в разной степени, в зависимости от качества могут выделять радон. Высокую удельную радиоактивность может иметь и красный кирпич, если в нем использованы отходы производства алюминия.

Также, большую опасность представляет поступление радона с водяными парами при пользовании душем, ванной, парной, через артезианские скважины.

Радон высвобождается из земной коры повсеместно, но его концентрация в наружном воздухе существенно различается для различных точек земного шара. Как ни парадоксально это может показаться на первый взгляд, но основное излучение от радона человек получает, находясь в закрытом, непрветриваемом помещении. Радон концентрируется в воздухе внутри помещений лишь тогда, когда они в достаточной мере изолированы от внешней среды. Просачиваясь через фундамент и пол из грунта, высвобождаясь из стройматериалов, радон накапливается в помещении. Герметизация помещений с целью утепления только усугубляет дело, поскольку при этом еще более затрудняется выход радиоактивного газа из помещения. Проблема радона особенно важна для малоэтажных домов с тщательной герметизацией помещений (с целью сохранения тепла) и использованием глинозема в качестве добавки к строительным материалам (т.н. «шведская проблема»).

Еще один, как правило менее важный, источник поступления радона в помещения представляет собой вода и природный газ, используемый для приготовления пищи и обогрева жилья.

Концентрация радона в обычно используемой воде чрезвычайно мала, но вода из глубоких колодцев или артезианских скважин содержит очень много радона. Однако основная опасность исходит вовсе не от питья воды, даже при высоком содержании в ней радона. Обычно люди потребляют большую часть воды в составе пищи и в виде горячих напитков, а при кипячении воды или приготовлении горячих блюд радон практически полностью улетучивается. Гораздо большую опасность представляет попадание паров воды с высоким содержанием радона в легкие вместе с вдыхаемым воздухом, что чаще всего происходит в ванной комнате или парилке (парной).

В природный газ радон проникает под землей. В результате предварительной переработки и в процессе хранения газа перед поступлением его к потребителю большая

часть радона улетучивается, но концентрация радона в помещении может заметно возрасти, если кухонные плиты и другие нагревательные газовые приборы не снабжены вытяжкой. При наличии же приточно - вытяжной вентиляции, которая сообщается с наружным воздухом, концентрации радона в этих случаях не происходит. Это относится и к дому в целом: можно установить режим вентиляции помещений, полностью исключающий угрозу здоровью.

Таким образом, основные составляющие радиационного фона помещений в значительной степени зависят от деятельности человека. Это вызвано, прежде всего, такими факторами, как выбор строительных материалов, конструктивных решений зданий и применяемых в них систем вентиляции. Несмотря на то, что радон - тяжелый газ (в 7,5 раз тяжелее воздуха ) измерения не всегда подтверждают сложившийся вывод о том, что в подвальных помещениях и на нижних этажах зданий радон скапливается в больших концентрациях, чем на верхних.

Скорость проникновения исходящего из земли радона в помещении фактически определяется толщиной и целостностью межэтажных перекрытий. Вдыхая резко обогащенный радоном и продуктами его распада воздух в помещении, человек облучает органы дыхания, особенно легкие. Поданным Научного комитета по действию атомной радиации при ООН (НКДАР ООН) радон и продукты его распада ответственны за 3/4 годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации.

Продукты распада радона попадают в легкие человека вместе с воздухом и задерживаются в них. Распадаясь, выделяют альфа-частицы, поражающие клетки эпителия.

Попадая в организм человека, радон способствует процессам, приводящим к раку лёгких. Распад ядер радона и его дочерних изотопов в легочной ткани вызывает микроожог. Особенно опасно (повышает риск заболевания) сочетание воздействия радона и курения. Считается, что радон — второй по частоте (после курения) фактор, вызывающий рак лёгких преимущественно бронхогенного (центрального) типа. Рак лёгких, вызванный радоновым облучением, является шестой по частоте причиной смерти от рака.

Также альфа-частицы вызывают повреждения в хромосомах клеток костного мозга человека, что увеличивает вероятность развития лейкозов. Уязвимы для радона и самые важные клетки - половые, кроветворные и иммунные.

Радионуклиды радона обуславливают более половины всей дозы радиации, которую в среднем получает организм человека от природных и техногенных радионуклидов окружающей среды.

В настоящее время практически во всех развитых странах проводят экологический мониторинг концентрации радона в зданиях. А в Швеции, например, действует специальная государственная программа по контролю за концентрацией радона и помощи в перестройке зданий с повышенным содержанием этого элемента.

В нашей стране в 1996 году принят федеральный закон «О радиационной безопасности населения». В нем определены нормы содержания радона в жилых и нежилых помещениях. При превышении установленных параметров незамедлительно должны проводиться защитные мероприятия.

#### **4.4. Чрезвычайные ситуации техногенного характера и защита населения от их последствий**

#### 4.4.1. Техногенные катастрофы

Производственные аварии, в том числе и крупные - нередкое явление нашего века, характеризующегося бурным развитием промышленности, научно-технического прогресса, быстрой сменой технологии производства и энергии, высокими скоростями движения.

Изучение причин возникновения производственных аварий свидетельствует об их большом внешнем разнообразии, но, в сущности, эти причины можно объединить в три основные группы.

**Первая** - это недостаточно ответственное отношение работников при проектировании предприятий к требованиям техники и не менее халатное отношение отдельных руководителей к выполнению этих требований, отсутствие постоянного контроля за взрывоопасными и легковоспламеняющимися участками.

**Вторая группа причин** обусловлена тем, что еще не все явления достаточно познаны. Иногда обнаруживалось, что различные химические вещества при определенных сочетаниях вступали в бурную реакцию и вызывали взрывы или самовозгорания.

**Третья** - производственные аварии могут быть следствием воздействия внешних природных факторов, в том числе стихийных бедствий, проектно-производственных дефектов сооружений, нарушения правил их эксплуатации и технологических процессов производства.

Анализ эксплуатации жилых зданий показывает, что наибольший выход из строя в мирное время обуславливается следующими причинами (в %):

- низкое качество изысканий и ошибки при проектировании - 7,5
- низкое качество производства строительных работ - 15,0
- нарушение правил эксплуатации - 64,0
- прочие причины - 3,5

В связи с нарушением правил эксплуатации и технологических процессов при работе в подземных условиях во многих странах неоднократно происходили взрывы газа и пыли, рудничные пожары, внезапные выбросы угля, газа, затопление вследствие прорыва воды и плывунов, обрушения сводов, провалы зданий, поражения людей электрическим током. Наибольшее число жертв наблюдается при авариях, происходящих от взрыва газа и каменноугольной пыли, взрывчатых веществ. Пожары по числу жертв занимают второе место.

К крупным производственным авариям относятся: аварии на промышленных объектах, строительстве, а также на железнодорожном, воздушном, водном, автомобильном, трубопроводном транспорте, в результате которых: образовались пожары, разрушения гражданских и промышленных зданий, создавалась опасность загрязнения и заражения почвы, водных бассейнов и атмосферы радиоактивными и сильнодействующими ядовитыми веществами, произошло растекание нефтепродуктов и агрессивных (ядовитых) жидкостей по поверхности земли и воды и возникли другие последствия, создающие угрозу населению и окружающей среде.

В соответствии с установленной классификацией к чрезвычайным ситуациям техногенного характера относят:

1. Транспортные аварии (катастрофы) на всех видах транспорта.
2. Пожары и взрывы.
3. Аварии с выбросом (угрозой выброса) сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ).
4. Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ (БОВ).
5. Аварии на электроэнергетических сетях
6. Аварии на коммунальных системах обеспечения.
7. Аварии на промышленных очистных сооружениях,

## 8. Гидродинамические аварии.

### ***Транспортные аварии***

• Отличительными особенностями транспортных аварий (катастроф) могут являться: удаление места катастрофы от крупных населенных пунктов, что усложняет сбор достоверной информации в первый период и объем оказания первой медицинской помощи пострадавшим;

• ликвидация пожаров (взрывов) на территории железнодорожных станций и узлов, связанная с необходимостью вывода железнодорожного состава с территории станции на перегоны, тунки и подъездные пути;

• необходимость использования тепловозов для рассредоточения составов на электрифицированных участках;

• затрудненность обнаружения возгорания в пути следования, отсутствие мощных средств пожаротушения;

• труднодоступность подъездов к месту катастрофы и затрудненность применения инженерной техники;

• наличие, в некоторых случаях, сложной медико-биологической обстановки, характеризующейся массовым возникновением санитарных и безвозвратных потерь;

• необходимость отправки большого количества пострадавших (эвакуация) в другие города в связи со спецификой лечения;

• трудность в определении числа пассажиров, выехавших из различных мест и оказавшихся в зоне аварии (катастрофы);

• организация отправки погибших к местам их захоронения в другие города;

• прибытие родственников из различных городов страны, организация размещения, обслуживания и др.;

• организация поиска останков погибших и вещественных доказательств путем прочесывания местности и т.д.

### ***Внезапное обрушение сооружений и зданий***

Этот тип аварий, как правило, происходит обычно не сам по себе, а инициируется каким-то побочным фактором. Например, большое скопление людей; активная производственная деятельность в разгар рабочего дня; проходящий подвижной состав и т.п. Эти чрезвычайные ситуации трудно предсказать и они сопровождаются большими человеческими жертвами. Причины - ошибки при изыскании и проектировании, низкое качество строительных работ. В 1993 г. в руины превратился один из цехов Братского алюминиевого завода. Под обломками здания оказались 14 рабочих ночной смены.

### ***Аварии с выбросом (угрозой) сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ)***

СДЯВ - это обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсические химические вещества, способные в случае разрушения (аварий на объектах) легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения людей.

На многих предприятиях для технологических целей применяют вредные, в том числе сильнодействующие ядовитые вещества. Так, например, хлор и аммиак используют на многих предприятиях текстильной, химической, пищевой промышленности. В различных производствах широко применяются щелочи, кислоты и другие агрессивные и сильнодействующие вещества. При аварийных разгерметизациях ёмкостей, оборудования, с содержанием токсичных веществ или их перевозкой, связаны с повышенным риском опасностей, так как при выходе наружу этих веществ происходит превышение их предельно допустимой концентрации, что может повлечь за собой человеческие жертвы и нарушение экологической обстановки.

В зависимости от термодинамического состояния жидкости, находящейся при хранении в ёмкости, возможно три варианта протекания процесса при разгерметизации

ёмкости:

- при больших перегревах жидкость может полностью переходить во взвешенное мелкодисперсное и парообразное состояние с образованием токсичных, вредных и пожаровзрывоопасных смесей;
- при низких энергетических параметрах жидкости происходит спокойный её пролив на твёрдую поверхность, а испарение осуществляется путём теплоотдачи от твёрдой поверхности;
- промежуточный режим, когда в начальный момент происходит резкое вскипание жидкости с образованием мелкодисперсной фракции, а затем наступает режим свободного испарения с относительно низкими скоростями.

Ряд веществ в промышленных условиях хранится и используется при низких температурах (криогенных температурах) в жидком состоянии. Наиболее часто встречаются: жидкий кислород и азот, жидкий водород, гелий и т.д. Эти вещества в общепринятом понимании нельзя назвать ядовитыми или токсичными, но поступление их в атмосферу в большом количестве может вызвать вытеснение из неё кислорода, что также создаст определённых размеров опасную зону. Кроме того некоторые из этих веществ являются окислителями или пожаровзрывоопасными веществами, низкие температуры этих веществ могут привести к дополнительным опасным факторам, таким как потенциальная опасность ожогов поверхности тела и внутренних органов у людей, а также к потере несущей способности силовых элементов зданий, машин и механизмов за счёт хладоломкости.

Используемые в настоящее время в промышленности криопродукты можно подразделить на три типа: нейтральные криопродукты (азот, гелий), криопродукты-окислители (кислород), горючие криопродукты (водород, метан). При сбросе в атмосферу каждого из трёх типов криопродуктов в зоне выброса создаются свои специфические опасности.

#### ***Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ БОВ***

Биологически опасные вещества БОВ - называют вещества, способные вызвать массовые инфекционные заболевания людей и животных при попадании в организм в ничтожно малых количествах. К БОВ относятся болезнетворные микробы и бактерии возбудители различных особо опасных инфекционных заболеваний: чумы, холеры, натуральной оспы, сибирской язвы и т.д.

#### ***Аварии на электроэнергетических сетях***

Подобные аварии приводят к чрезвычайным ситуациям. Обычно, из-за вторичных последствий и при условии наложения на них каких-либо чрезвычайных условий; К особенно тяжелым последствиям приводят аварии на электроэнергетических сетях в зимнее время года, а также в удаленных или труднодоступных районах.

Особенно характерны такие чрезвычайные ситуации для сельских районов или в особо холодные зимы из-за перегрузок энергосетей в связи с резким увеличением расхода энергии на обогрев.

#### ***Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения***

Подобные аварии происходят обычно в городах, где большое скопление людей, промышленных предприятий, установившейся ритм жизни. Поэтому любая подобная авария, даже устранимая и не всегда опасная, сама по себе может вызвать негативные последствия среди населения.

#### ***Аварии на очистных сооружениях***

Опасность данного типа аварий обусловлена не только резким отрицательным воздействием на обслуживающий персонал и близлежащие населенные пункты, но и



большими залповыми выбросами отравляющих веществ в окружающую среду.

### ***Пожары и взрывы***

Пожары и взрывы являются самыми распространенными чрезвычайными событиями в современном индустриальном обществе. Наиболее часто и, как правило, с тяжелыми социальными и экономическими последствиями происходят пожары на пожароопасных и пожаровзрывоопасных объектах, а их последствия - это разрушение и повреждение зданий, сооружений, техники и оборудования, затопление территории, выход из строя линии связи, энергетических и коммунальных сетей. Наиболее часты они на предприятиях, производящих, использующих или хранящих сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ).

При взрывах ударная волна не только приводит к разрушениям, но и к человеческим жертвам. Степень и характер разрушений во многом зависят кроме мощности взрыва от технического состояния сооружений, характера застройки и рельефа местности.

Чаще всего взрывы происходят там, где в больших количествах применяются углеводородные газы (метан, этан, пропан). Взрываются котлы в котельных, газовая аппаратура, продукция и полуфабрикаты химических заводов, пары бензина и других компонентов, мука на мельницах, пыль на элеваторах, сахарная пудра на сахарных заводах, древесная пыль на деревообрабатывающих предприятиях.

Взрывы возможны в жилых помещениях, когда люди забывают выключить газ, или на газопроводах при плохом контроле за их состоянием и несоблюдении требований техники безопасности в ходе их эксплуатации, как это имело место в Башкортостане в 1989 г., где взорвалась смесь из пропана, метана и бензина. Пламя мгновенно охватило огромную территорию. В огненном котле оказались два пассажирских встречных поезда. Пострадало большое количество людей, многие получили травмы и увечья. К тяжелым последствиям приводят взрывы рудничного газа в шахтах, вызывающие пожары, обвалы, затопления подземными водами.

### ***Гидродинамические аварии***

1. *Гидродинамическая авария* - это чрезвычайное событие, связанное с выводом из строя (разрушением) гидротехнического сооружения или его части и неуправляемым перемещением больших масс воды, несущих разрушения и затопление обширных территорий.

2. *Гидротехническое сооружение* - народно-хозяйственный объект, находящийся на или вблизи водной поверхности, предназначенный для

- использования кинетической энергии движения воды с целью преобразования в другие виды энергии;
- охлаждения отработавших паров ТЭС и АЭС;
- мелиорации;
- защиты прибрежной территории воды;
- забора воды для орошения и водоснабжения;
- осушения;
- рыбозащиты;
- регулирования уровня воды;
- обеспечения деятельности речных и морских портов, судостроительных и судоремонтных предприятий, судоходства;
- подводной добычи, хранения и транспортировки (трубопроводы) полезных ископаемых (нефти и газа).

Разрушение (прорыв) гидротехнических сооружений происходит в результате действия сил природы (землетрясения, ураганы, размывы плотин) или воздействия человека, а также из-за конструктивных дефектов или ошибок проектирования.

К основным гидротехническим сооружениям относятся: плотины, водо-образные водосборные сооружения, запруды,

3. *Плотины* - гидротехнические сооружения (искусственные плотины) или природные образования (естественные плотины), ограничивающие сток, создающие водохранилища и разницу уровней воды по руслу реки.

4. *Водоохранилища* могут быть долговременными (как правило, образованными гидротехническими сооружениями; временными и постоянными) и кратковременными (за счет действия сил природы; оползней, селей, лавин, обвалов, землетрясений и т.п.).

Проран - повреждение в теле плотины, образовавшееся в результате ее размыва.

Устремляющийся в проран поток воды образует волну прорыва, имеющую значительную высоту гребня и скорость движения и, обладающую большой разрушительной силой.

Скорость продвижения волны прорыва, как правило, находится в диапазоне от 3 до 25 км/ч, а высота 2-50 м.

Основным следствием прорыва плотины при гидродинамических авариях является катастрофическое затопление местности, заключающееся в стремительном затоплении волной прорыва ниже расположенной местности и возникновением наводнения.

*Катастрофическое затопление характеризуется:*

- максимально возможными высотой и скоростью волны прорыва;
- расчетным временем прихода гребня и фронта волны прорыва в соответствующий створ;
- границами зоны возможного затопления;
- максимальной глубиной затопления конкретного участка местности;
- длительностью затопления территории.

При разрушениях гидротехнических сооружений затопляется часть прилегающей к реке местности, которая называется зоной возможного затопления.

В зависимости от последствий воздействия гидропотока, образующегося при гидротехнической аварии, на территории возможного затопления следует выделять зону катастрофического затопления, в пределах которой распространяется волна прорыва, вызывающая массовые потери людей, разрушения зданий и сооружений, уничтожение других материальных ценностей.

Время в течение которого затопленные территории могут находиться под водой, колеблется от 4 часов до нескольких суток.

По масштабу распространения, сложности обстановки и тяжести последствий наиболее катастрофическими являются пожары, взрывы, аварии с выбросом (угрозой выброса) сильнодействующих ядовитых, радиоактивных и биологически опасных веществ, гидродинамические аварии. Преимущественно такие аварии происходят на потенциально опасных объектах.

#### 4.4.2. Причины и источники техногенных аварий и катастроф

Для современного мира характерным является возрастание масштабов последствий техногенных аварий и катастроф (будь то авиационная, железнодорожная или морская) при уменьшении вероятности их реализации. Например, если в 40-х годах нашего столетия в десятках авиационных катастроф погибали десятки людей, то ныне единичная катастрофа уносит жизни сотен людей. Действительно, опасности техногенного происхождения уже стали в категориях ущерба соизмеримыми с негативными для человека природными явлениями. Тому есть множество примеров. Так, атмосферные воздействия - смерчи происходят до 700 раз в год. Около 2% из них приносят ущерб, связанный с гибелью в среднем 120 человек и потерей порядка 70 миллионов долларов. В то же время только в нефтепереработке, по оценкам специалистов, ежегодно случается около 1500 аварий и катастроф, 4% которых

сопровожаются потерей 100 -150 человеческих жизней и материальным ущербом до 100 миллионов долларов.

Увеличение масштабности последствий происходящих техногенных аварий и катастроф - результат особенностей научно-технического прогресса на современном этапе. Непрерывно продолжает расти энерговооруженность человеческого общества. Энергонасыщенные и использующие опасные вещества объекты все более концентрируются, Во имя экономических показателей повышается их единичная мощность. Возрастает давление в разнообразных промышленных аппаратах и транспортных коммуникациях, сеть которых становится все более разветвленной. Только в сфере энергетики ежегодно в мире добывается, транспортируется, хранится и используется около 10 миллиардов тонн условного топлива. По энергетическому эквиваленту эта масса топлива, способная гореть и взрываться, стала соизмеримой с арсеналом ядерного оружия, накопленного в мире за всю историю его существования.

Рост масштабов и концентрации производства ведет к накоплению потенциальных опасностей. Об этом можно судить по удельным (либо на душу населения, либо на единицу площади) величинам летальных для человека доз, содержащихся в различных производствах Западной Европы. Так, по мышьяку эта величина составляет около 0,5 миллиарда доз, по бариям - порядка 5 миллиардов, а по хлору - 10 триллионов доз. Эти цифры делают понятной повсеместно выражаемую заботу об обеспечении безопасности в первую очередь химических предприятий.

При выяснении причин и источников техногенных аварий, включая химические, прежде всего, нужно оценить технологическое содержание, количественные и качественные характеристики поврежденных мощностей или транспортных средств. Одновременно необходимо определить конструктивные эргономические отклонения, послужившие причиной аварий из-за несоответствия конструкций промышленных (или транспортных) систем управления анатомическим и физиологическим возможностям человека. В таких ситуациях люди, непосредственно управляющие техническими средствами, вместе с другими участниками производства становятся жертвами заранее спланированных обстоятельств.

Вероятность аварии (риск) как количественная мера реализации опасности целиком определяется надежностью и наблюдаемостью (блокируемостью) производства.

Первичной причиной аварийной ситуации является появление отказа, причем большинство единичных отказов являются событиями марковскими, то есть не зависят от предыстории системы и легко локализуются таким распространенным в химической промышленности способом как блокировка. На практике это означает, что единичный отказ просто приводит к остановке производства. К аварии же ведет накопление единичных отказов.

Известно, что химическое предприятие как источник повышенной опасности может находиться в двух устойчивых состояниях - нормальном и пораженном. Переход из одного устойчивого состояния в другое происходит через неустойчивое состояние, которое обычно называется аварийной ситуацией.

Состояние и рабочая эффективность технических средств (систем предупреждения аварийных ситуаций), структурные недостатки материалов и степень их соответствия требованиям, износ, коррозия и старение конструкций - все это является предметом исследования при выяснении возможных причин аварий и катастроф. Однако не меньшее значение имеет человеческий фактор. Анализ статистических данных показывает, что свыше 60% аварий происходит из-за ошибок персонала. В настоящее время в мире заметно вырос удельный вес аварий, происходящих вследствие неправильных действий обслуживающего персонала. Чаще всего это происходит из-за недостатка профессионализма, а также неумения принимать оптимальные решения в сложной обстановке, в условиях дефицита времени. При психологических перегрузках

некоторые специалисты допускают неправильные действия, приводящие к непоправимым последствиям.

Мировой опыт показывает, что для предупреждения аварийных ситуаций необходим комплекс законодательных, экономических и технических мероприятий, который по существу представлял бы неформальную систему управления риском. Основой такой системы является законодательная инициатива по установлению приемлемого на сегодня уровня риска. Механизм реализации - эффективная налоговая и страховая политика, обеспечивающая экономическое стимулирование снижения уровня риска конкретного предприятия. Средствами, обеспечивающими требуемый уровень безопасности, являются технические устройства и мероприятия.

Необходимым элементом такой системы является институт государственной сертификации опасных производств по уровню безопасности, причем сертификат является основным документом для определения размера взноса предприятия в страховой фонд. Чем больше величина риска, тем больше и взнос в страховой фонд. Возмещение убытков из-за аварий ведется только через ЭТОТ фонд. Он мог являться и источником финансирования крупных отраслевых программ по снижению уровня риска.

#### 4.4.3. Потенциально опасные объекты. Оценка источников техногенной опасности.

Анализ чрезвычайных ситуаций техногенного характера показывает, что значительная доля их, особенно таких, которые приводят к поражению людей и большим материальным потерям, возникает в результате аварий и катастроф на промышленных объектах.

Для облегчения работы по определению и осуществлению мер по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций, уменьшению тяжести их последствий и создания условий для их ликвидации важно систематизировать объекты по признаку, наиболее влияющему на возникновение ЧС на этих объектах. Этим признаком является опасность, которая в случае производственной аварии на данном объекте: выброса в окружающую среду вредных веществ (РВ, СДЯВ, БОВ), взрыва, пожара, катастрофического затопления.

Объект экономики или иного назначения, при аварии на котором может произойти гибель людей, сельскохозяйственных животных и растений, возникнуть угроза здоровью людей либо будет нанесен ущерб народному хозяйству и окружающей природной среде называется потенциально опасным объектом.

По своей потенциальной опасности объекты экономики подразделяются на четыре группы:

- первая - химически опасные объекты (ХОО);
- вторая - радиационно-опасные объекты (РОО);
- третья - пожаро- и взрывоопасные объекты (ПВО);
- четвертая - гидродинамически опасные объекты (ГДОО).

В настоящее время только крупных предприятий, представляющих опасность регионального или даже глобального характера, на территории России насчитывается более 2 тысяч. В основном это химически опасные объекты.

Химически опасные объекты (ХОО) - это объект, при аварии на котором или разрушении которого может произойти поражение людей, с/х животных и растений, либо химическое заражение окружающей природной среды опасными химическими веществами в концентрациях или количествах, превышающий естественный уровень их содержания в среде.

Главный поражающий фактор при аварии на ХОО - химическое заражение приземного слоя атмосферы; вместе с тем возможно заражение водных источников, почвы, растительности. Эти аварии нередко сопровождаются пожарами и взрывами.

Если в городе, районе, области имеются ХОО, то данная административно-

территориальная единица (АТЕ) также может быть отнесена к химически опасной. Критерии, характеризующие степень такой опасности, определены в следующих нормативных документах.

Для объектов - это количество, для АТЕ - доля (%) населения, которое может оказаться в зоне возможного заражения. По масштабу распространения поражающих факторов аварии на ХОО подразделяют на:

- локальные (частные) - если она не выходит за границу его санитарно-защитной зоны;
- местные - охватывает также отдельные участки близлежащей жилой застройки;
- региональные - когда в нее попадают обширные территории города, района, области с высокой плотностью населения;
- глобальные - полное разрушение крупного химического объекта.
- типовые ХОО, использующие наиболее распространенные СДЯВ - хлор и аммиак:
  - станции водоочистки;
  - холодильные установки;
  - предприятия химической, нефтехимической оборонной промышленности;
  - железнодорожные цистерны со СДЯВ, продуктопроводы, газопроводы.

Радиационно-опасные объекты (РОО) - любой объект, в т.ч. ядерный реактор, завод, использующий ядерное топливо или перерабатывающий ядерный материал, а также место хранения ядерного материала и транспортное средство, перевозящее ядерный материал или источник ионизирующего излучения, при аварии на которых или разрушении которых может произойти облучение или радиоактивное загрязнение людей, с/х животных и растений, а также окружающей природной среды.

К типовым РОО относятся:

- атомные станции;
- предприятия по переработке отработанного ядерного топлива и захоронению р/а отходов;
- предприятия по изготовлению ядерного топлива;
- научно-исследовательские и проектные организации, имеющие ядерные установки и стенды;
- транспортные ядерные энергетические установки;
- военные объекты.

Потенциальная опасность РОО определяется количеством р/а веществ, которое может поступить в окружающую среду в результате аварии на РОО. А это в свою очередь зависит от мощности ядерной установки. Наибольшую опасность представляют АС и НИИ с ядерными установками и стендами. Аварии на них классифицируются по масштабам последствий: локальная, местная, общая, региональная, глобальная.

1 Пожаро-взрывоопасный объект (ПВОО) - это объект, на котором производятся, хранятся, используются или транспортируются продукты и вещества, приобретающие при определенных условиях (авариях, инициировании) способность к возгоранию (взрыву).

По своей потенциальной опасности эти объекты подразделяются на 5 категорий:

А - объекты нефтяной, газовой, нефтеперерабатывающей, химической, нефтехимической промышленности, склады нефтепродуктов;

Б - производства угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, синт. каучука;

В - лесопильные, деревообрабатывающие, столярные и т.п. цеха, склады масла;

Г - металлургические производства, термические цеха, котельные;

Д - объекты переработки и хранения негорючих материалов в холодном виде.

Особенно опасные объекты категорий А, Б и В.

Пожары и взрывы приводят к разрушению зданий и сооружений вследствие

сгорания или деформации их элементов, оборудования, возникновении воздушной ударной волны (при взрыве), образованию облаков ТВС и ГВС, токсических веществ, взрыву трубопроводов и сосудов с перегретой жидкостью.

Гидродинамический опасный объект (ГДОО) - это гидротехническое сооружение или естественное образование, создающее разницу уровней воды до и после этого объекта.

К гидротехнически опасным объектам относятся: естественные плотины и гидротехнические сооружения напорного фронта. При их прорыве появляется волна прорыва, обладающая большой разрушительной силой и образуются обширные зоны затопления.

Опасность объекта характеризуется максимальной потенциальной угрозой, создаваемой массой находящихся на объекте опасных веществ.

**Под опасным веществом понимается такое вещество, определенное количество которого способно инициировать явления или процессы, поражающие людей, наносящие ущерб основным производственным фондам или окружающей среде.**

В качестве опасных веществ в Методике рассматриваются:

- взрывчатые вещества (ВВ);
- сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ);
- топливозвоздушные смеси (вещества, способные образовывать в ЧС взрывоопасные облака -ожиженные нефтяные или природные газы).

В качестве меры опасности объекта с пожаро-взрывоопасными производствами принимается количество несчастных случаев со смертельным исходом в результате инцидента, вызванного чрезвычайным событием.

Пороговый уровень смертности - 10 погибших при инциденте - принимается в качестве критерия опасности ОПХ. (Данный критерий опасности является общепринятым за рубежом и введен В. Маршалом " основные опасности химического производства". М. Мир, 1989 г.)

Под потенциально опасным объектом понимается такой объект, ЧС на котором приведет к гибели не менее 10 человек (из числа персонала объекта или населения) или границы зон действия поражающих факторов при ЧС выходя] за территорию объекта или территорию его санитарно-защитной зоны.

В качестве основных поражающих факторов на объектах с пожаро-взрывоопасными производствами рассматриваются:

- воздушная ударная волна (ВУВ) взрывов ВВ;
- воздушная ударная волна взрывов ТВС;
- токсическое действие СДЯВ, находящихся на объекте или образующихся в ходе неконтролируемых химических реакций в процессе инцидента.
- в качестве нормированных показателей поражающей опасности объекта приняты:
- удельная смертность (число погибших в результате инцидента, отнесенное к количеству опасного вещества, т/чел.);
- радиус поражения (радиус круга с центром в точке реализации инцидента).

Для ВУВ взрывов ВВ, облаков ТВС в качестве границы радиуса смертельного поражения принимается избыточное давление, приводящее к гибели человека.

Для токсического действия СДЯВ в качестве границы радиуса смертельного поражения принята глубина зоны летательной концентрации СДЯВ.

Расчет радиуса поражения при инциденте проводится из предположения, что все направления реализации опасности равновероятны. При одновременной реализации на ОНХ нескольких инцидентов, ожидаемое количество погибших определяется:

- в случае наложения зон действия поражающих факторов - по фактору наиболее опасному для человека;
- в случае раздельного положения зон действия поражающих факторов - как сумма

погибших от каждого фактора.

## **10. Поражающие факторы источников чрезвычайных ситуаций техногенного характера**

При техногенной ЧС нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде вследствие появления источника техногенной ЧС на объекте или определенной территории.

Источник техногенной ЧС – это опасное техногенное происшествие, например, аварии на промышленных объектах или на транспорте, пожары, взрывы или высвобождение различных видов энергии. Так же к поражающим факторам источников ЧС техногенного характера относят выброс или сброс вредных веществ в окружающую среду, шумовое загрязнение, электромагнитное, радиационное и другие.

Например, в ночь с 2 на 3 декабря 1984 года на химическом заводе в г. Бхопале (Индия), принадлежавшем компании «Юнион Карбайд» (США) и производящем пестициды, произошла авария с выбросом метилизоцианата (МИЦ). Несильный ветер со скоростью 5 км/час понес вырвавшиеся из резервуара пары в юго-восточном направлении от завода. Из-за прохладной погоды облако паров не поднялось вверх, а стелилось по земле. В результате смертоносное облако толщиной до 5 метров накрыло городские районы площадью 40 кв. км.

Авария привела к огромным потерям: по неуточненным данным погибло более 2 тысяч человек и пострадало более 200 тысяч человек. Это самая крупная катастрофа за все время развития химической промышленности.

Причиной столь больших потерь послужили: высокая токсичность метилизоцианата. Он вызывает быстрый отек легких, воздействует на глаза, желудок, печень и кожу; время аварии — ночь, когда окрестное население находилось в постелях, многие умерли не проснувшись. Те, кто выжил, шатаясь, выбирались из своих жилищ, ослепшие, с приступом жестокого удушья. Перенаселенность окрестностей предприятия, низкое качество городской застройки-трущобы, в помещения которых легко проникал газ; недостаток медикаментов и медицинских учреждений и неподготовленность последних на случай большой утечки метилизоцианата; неподготовленность населения к действиям в случае аварии – все это привело к масштабной экологической катастрофе и огромным человеческим жертвам.

Приведенная ситуация является иллюстрацией к проблеме существования и опасности экологических рисков, тем более что в связи с развитием техносферы их опасность и частота возрастают.

**Актуальность проблемы** экологических рисков заключается в том, что значение экологических проблем выходит далеко за рамки экономики - они оказывают непосредственное влияние не только на экономику, но и социальную и культурную сферу жизни. Отсутствие защиты окружающей среды приводит к усугублению экологических проблем и к обострению социальной напряженности.

Под риском понимают вероятность наступления неблагоприятных событий при выполнении технологического процесса или в сфере жизнедеятельности человека. В частности, в аварии в городе Бхопале причиной катастрофы и жертв были пестициды, которые в наше время продолжают изготавливаться и использоваться в больших объемах.